ISSN 1880-0890

平成２２年度

試 験 研 究 成 績

２２－３　　農業機械の安全性に関する研究（第 31 報）

平成２３年５月

独立行政法人　農業・食品産業技術総合研究機構
生物系特定産業技術研究支援センター
農　業　機　械　化　研　究　所

まえがき

農林水産省の調査によると平成 20 年の農作業死亡事故件数は 374 件であった。前年より 23 件減少したものの、400 件前後という数字は 30 年間ほとんど変化がなく、就農者人口の減少や就農者の高齢化を考えると、一層深刻化していると言わざるを得ない。行政、教育、啓発、普及、研究・開発等の関係機関の一層の奮起が期待されるとともに、関係機関の一層緊密な連携により、現状を打開し、安心・安全な農作業環境を実現することが強く求められている。

生物系特定産業技術研究支援センター基礎技術研究部安全人間工学研究ならびに特別研究チーム（安全）では、これまで農業機械の安全性・快適性の向上や健康障害防止に向けたハードウェアおよびソフトウェアの開発研究を行ってきた。今後も積極的に関係機関と連携し、開発研究の成果を広く発信するとともに、寄せられた情報を開発研究にフィードバックして、安心・安全な農作業環境の実現に寄与できる技術・装置等を世に送り出す所存である。

平成 22 年度は、次の４つの研究課題に取り組んだ。１課題目は、「圃場間移動の安全性向上技術の開発」である。トラクタが高速で路上走行する際の走行安定性の向上を図るため、トレーラにロータリ等のトラクタ直装式作業機を載せて圃場間移動を行うことを念頭に置き、作業機等の積載が容易で、汎用性があり、なおかつ法令に準拠したトレーラを試作し、実用化に必要な構造要件を明らかにする。本課題は当該年度を持って終了した。

２課題目は、今年度から開始された「巻き込まれ事故防止のための作業者判別技術の開発」である。本課題は前年度で終了した「自脱型コンバイン緊急停止装置の性能向上技術の開発」をさらに発展させた課題であり、作業者の危険部位への接近を感知する技術の開発を目指している。本課題は平成 24 年度までの３年間にわたって取り組む。

３課題目は、「農業法人およびコントラクタ等の農作業安全に関する実態調査研究」である。農作業事故などのリスクのとらえ方、安全のための取組みの実施状況などについて、各経営形態の違いを明らかにすることにより、今後の安全啓発や安全装置開発に資することを目的とした。本課題は本年度のみの取組みである。

４課題目は「農業機械のリスク低減のための基礎研究」であり、今年度から開始された。ISO 規格に示されている本質的安全設計の考え方に照らし、農業機械に潜在する課題を洗い出し、安全性向上に向けた方策を明らかにする。本課題は平成 23 年度までの２年間にわたって取り組む。

当研究単位では、研究途上であっても成果の一端を公開することによって農業機械メーカや作業技術研究者等に有効利用されるよう速報としてとりまとめている。この取り組みも昭和 51 年度以降、今回で第 31 報になる。この成績書がさらなる農業機械・農作業の安全性・快適性向上の一助となれば幸いである。

なお、研究の実施にあたっては、多くの方々の協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

平成 23 年５月

独立行政法人　農業・食品産業技術総合研究機構
生物系特定産業技術研究支援センター
基礎技術研究部安全人間工学研究
特別研究チーム（安全）

農業機械の安全性に関する研究（第３１報）

目　　次

１．圃場間移動の安全性向上技術の開発
－トラクタ作業機運搬用台車の研究

基礎技術研究部　安全人間工学研究
積　栄、志藤博克、岡田俊輔
ソレックス株式会社
守分　巧

［摘要］近年、経営規模の拡大に伴い、圃場間を高速で移動するニーズが高まっているが、トラクタで路上を高速走行すると、前輪の跳ね上がり等により、直進性や操舵応答性が低下する問題が指摘されている。そこで、高速走行が可能な型式が多い機関呼称出力 30kW 級以上のトラクタを対象に、ロータリ等の直装式作業機を載せて圃場間移動を行うことのできるけん引台車の利用により、高速走行時のトラクタの走行安定性を改善させる技術の開発を行った。平成 21 年度に試作した試作２号機を用いて取扱試験や高速走行試験、制動試験を行い、問題点について改良を行った。これらと昨年度までの各結果から、台車は道路運送車両法の保安基準（以下、保安基準）に適合し、サスペンションや連動ブレーキを装備する必要があること、台車への積載作業等の取扱性向上のためには、保安基準の一部緩和が期待されること、積み降ろし作業等のためのスペースを圃場周辺に確保する必要があることなど、実用機が有するべき構造要件と技術普及のための課題をとりまとめた。

１．目　的

近年、経営規模の拡大に伴い、圃場間を高速で移動するニーズが高まっているが、農用トラクタ（以下、トラクタ）で路上を高速走行すると、前輪の跳ね上がり等により、直進性や操舵応答性が低下する問題が指摘されている。そこで、高速走行が可能な型式が多い 30kW 級以上のトラクタを対象に、ロータリ等の直装式作業機を載せて圃場間移動を行うことのできるけん引台車の利用により、高速走行時のトラクタの走行安定性を改善させる技術を開発する。

2010 年度は、前年度に試作、報告した試作２号機（図１～２、表１）について取扱試験、高速走行試験、制動試験を行い、問題点について改良を行うとともに、これまでの各結果を踏まえて、作業機運搬用台車が実用機として有するべき構造要件と技術普及のための課題を取りまとめる。

図１　試作２号機

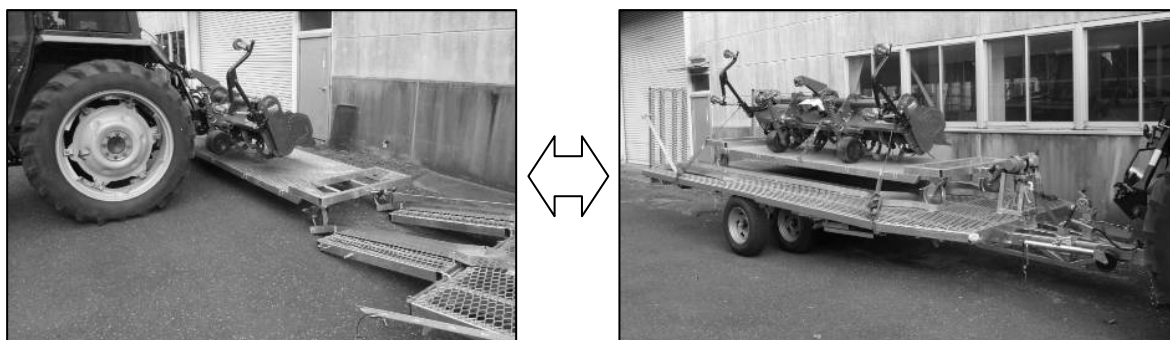



図２　試作２号機の作業機積載方法（左：作業機積載時、右：けん引運搬時）

表１　試作２号機の主要諸元等

項目	2号機	（参考）1号機A型	（参考）1号機B型
全長　mm	6495	5010	4705
全幅　mm	2300	1900	1610
全高　mm	1780*1	1910*1	420*2
荷台長　mm	5000	3000	3000
荷台幅　mm	2300	1900	1510
荷台高　mm	720	455	275
作業機載荷台高　mm	1030	680	−
輪距　mm	2090*3	1665	1500
ヒッチー車軸間距離　mm	4260	3200	3160
単体質量*4　kg	1515	680	250
最大積載質量　kg	4000*5	1100*5	500
ブレーキ	連動ブレーキ	慣性ブレーキ	無
サスペンション	トーションバー	トーションバー	無
作業機積載方式	キャスタテーブルに積載してウィンチで荷台上に引き上げ	台車の後部からトラクタを後退で乗上げ、回転載荷台上に積載	台車の横から荷台に直接積載

*1　収納時あゆみ板上端　*2　スタンドは除く　*3　最外輪中心間
*4　保安基準の「車輌重量」　*5　回転載荷台・キャスタテーブルを含む

２．方　法

１）農耕作業用自動車等の機能確認の実施方法として定められた方法を用いて、供試ロータリ（作業幅2.4m、質量510kg）を積載した状態（荷締器により固定）の試作２号機をけん引した場合の制動距離を測定し、トラクタ単体での場合と比較した。

機能確認の実施方法として定められた測定方法は、新型自動車の試験方法（TRIAS）の自動車急制動試験方法（TRIAS 11-1996）に準拠している。具体的には、指定された走行速度（使用したトラクタの場合20km/h）の±10%以内の速度で助走後に急制動を行い、制動操作の開始位置を路面に記す制動試験用スタンプ装置（嵯峨電気工業BSS-1）を用いて、ブレーキペダル操作開始時の車両の位置から停車位置までの停止距離を実測し、この値と、オムロンE3N-30E2（光電センサ）およびK3NP-NB2A（インターバルメータ）で構成された車速計を用いて測定した制動前の走行速度実測値から、式（１）を用いて停止距離補正値を求めた。これを２回行い、その平均値を停止距離とした。

$$L = L's\left(\frac{V}{V'}\right)^2 + \frac{V}{36.0} \qquad (1)$$

ただし、L：停止補正距離（m）
L'ｓ：停止距離測定値（m）
V'：測定速度（km/h）
V：指定速度（km/h）

トラクタは質量および制動性能の異なる２型式（トラクタⅠ：機関呼称出力60.3kW、質量3800kg／トラクタⅡ：同40.5kW、1910kg）を用いた。測定は、生研センター内のテストコース（コンクリート舗装）で実施した。

２）試作２号機について、取扱試験および同テストコースでの高速走行試験を行い、それぞれ問題点を確認した。

３）１）、２）の結果と前年度までの結果を踏まえて、作業機運搬用台車としての実用機が有するべき構造要件と技術普及のための課題を取りまとめた。

３．結果の概要

１）制動試験

測定結果を表２に示す。試作２号機では、汎用利用を想定して最大積載質量と荷台の大きさを確保した結果、表１にあるように、単体質量は 1515kg と試作１号機Ａ型に比して大きくなった。これに関連して、当初の設計ではブレーキ容量不足の問題が確認されたほか、けん引桿高さについても供試機側ヒッチとのマッチングが十分でなかった。このため、該当部位についてそれぞれ改良を行った。その結果、トラクタⅠでは、台車の質量の大幅な増加に対しても、保安基準で公道走行の要件となる基準5mを満たす制動能力を確保できたが、トラクタⅡではなお基準を満たせなかった。このことから、台車の制動能力に見合った大きさのトラクタに使用を制限するか、軽量なトラクタに台車を用いる場合は、その大きさや制動能力に十分配慮して設計する必要性が認められた。

なお、生研センターによる農業機械の圃場間移動に関する現状調査結果（平成 20 年度）では、トレーラのけん引中に危ない思いをした経験として、回答数の６割が「トレーラに押されブレーキの効きが悪い」と答えており、ブレーキ性能の重要性が示されている。

表２　試作２号機けん引時の制動試験結果

		トラクタⅠ（60.3kW/3800kg）	トラクタⅡ（40.5kW/1910kg）
制動距離 m	トラクタ単体	4.8	4.0
	試作2号機（1515kg、連動ブレーキ）＋ロータリ（510kg）	4.9	5.9
	（参考）試作1号機A型（680kg、慣性ブレーキ）＋ロータリ（510kg）	4.6	5.4

*測定方法は農耕作業用小型特殊自動車の機能確認実施要領に準拠（走行速度約20km/h）

２）取扱試験および高速走行試験

高速走行時の安定性や取扱性については、ロータリの積み降ろし（キャスタテーブルの引き上げを含む）や試作機のトラクタへの接続等にかかる時間的な手間はあるものの、それ以外の大きな問題は確認されなかった。

積み降ろしの手間に関しては、トラクタから荷台上に直接作業機を降ろすことができない限りは必ず生じるものである。トレーラにおいて保安基準を満たすタイヤは、産業車両用タイヤに比して径が大きいものに限定されることから、荷台がその分高くなったり、タイヤ自体が積み降ろし時に作業機と干渉したりすることは避けられない。このため、積み降ろしの手間を解決するためには、現状よりも小径のタイヤが保安基準で認められることが期待される。

3）実用機が有するべき構造要件と技術普及のための課題

これまでの各結果を踏まえて、作業機運搬用台車が実用機として有するべき構造要件と課題の概要を、図３及び以下にまとめた。

(1) 安全面からは、道路運送車両の保安基準に適合する必要がある。また、積荷側の安定性確保のためのサスペンション、確実な制動性能を確保するための連動ブレーキの装備が望ましい。

(2) 実用面からは、作業機の簡易な積載機構や、トラクタに簡易に接続できる構造が求められる。

(3) 積載機構については、例えば試作１号機、２号機の手法が考えられるが、より取扱が簡易で安全かつ低コストな構造とするには、産業車両用小径タイヤが保安基準において許容されることが有効である。小径タイヤを用いることで、荷台高さを低く設計しやすくなり、積み降ろし時のタイヤと作業機の干渉もなくなる。これにより、小形の台車であれば横から直接積み降ろしすることも可能となるため、保安基準の要件緩和が期待される。また、トレーラとしての汎用性の確保が望ましい。

(4) 試作２号機のような大形の台車とする場合、トラクタⅠのような比較的出力や質量の大きいトラクタを適用する場合は連動ブレーキで制動性能を確保しやすいが、例えばトラクタⅡのような大きさでは、より大きなブレーキ容量が必要となり、コスト的にもバランスがとりにくくなるため、例えば試作１号機のような大きさに留めた方がよいと考えられる。したがって、どのトラクタにも適用できる構造の確保は難しく、適応トラクタの範囲を決めた上での設計が必要となる。

(5) 運搬してきた作業機を用いて圃場作業を行う間の、けん引台車の安全な置き場を確保する必要があり、このための圃場周辺環境の整備が求められる。また、同様に、積み降ろし作業を行う場所についても検討が必要である。

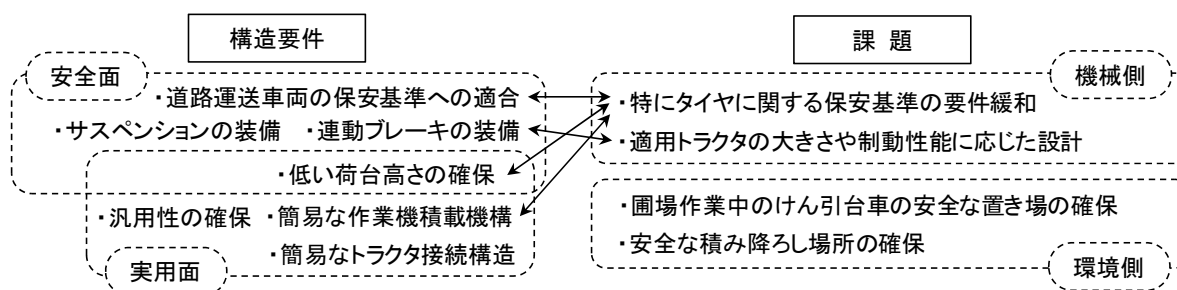



図３　実用機が有するべき構造要件と課題の概要

４．成果の活用面と留意点

1）企業等による農用トレーラの開発に資することができる。特に、ブレーキやサスペンションの安全上の重要性については、農用トレーラ全体に関わるものであり、今後の製品への積極的な採用が期待される。

2）作業機運搬用台車の普及には、特にタイヤに関する保安基準の要件緩和、けん引台車の置き場を確保するための圃場周辺環境の整備、トラクタ側の大きさや制動性能に応じた設計等が求められる。

５．引用・参考文献

1）積ら、圃場間移動の安全性向上技術の開発－トラクタ作業機運搬用台車の研究、生研センター試験研究成績20-2　農業機械の安全性に関する研究（第29報）、15-21、生研センター、200

9
2）積ら、圃場間移動の安全性向上技術の開発－トラクタ作業機運搬用台車の研究、生研センター試験研究成績22-1　農業機械の安全性に関する研究（第30報）、21-27、生研センター、2010
3）中野ら、農業機械の圃場間移動に関する現状調査結果、生研センター試験研究成績20-1、生研センター、2009
4）積ら、トラクタ作業機運搬用台車に関する研究（第１報）、農業環境工学関連学会2009年合同大会講演要旨、CD-ROM、農業機械学会等、2009
5）国土交通省、保安基準等関係基準の各条文検索一覧表（http://www.mlit.go.jp/jidosha/kijyun/kokujitou_index.pdf）
6）新型自動車の試験方法 TRIAS11-1996 自動車急制動試験方法

２．巻き込まれ事故防止のための作業者判別技術の開発

基礎技術研究部　安全人間工学研究
岡田俊輔、志藤博克、積　栄

［適用］作物等の供給物と作業者等を判別し､巻き込まれ事故を防止する要素技術を開発する。今年度は、既存技術の調査結果から、農業分野への適応性が高いと判断された、金属を検出することによる間接的な作用者判別方法について予備試験を行い、利用可能性を見出した。この結果を踏まえて、巻き込まれ事故を想定した基礎試験装置について設計・試作を行った。

１．目　的

農業機械には作業性を損なうため防護カバーを適用できず、刃やチェーンなどの可動部が露出している部分があり、巻き込まれ等の事故が発生することがある。類似の事故を防止する技術として、工作機械分野等では、工作対象物と人体を判別[1)]、あるいは、危険領域への人体の侵入を識別する[2)]安全装置が導入されている。農業分野では作物の形状や物性、土や水等の付着等、様々な条件で供給物と人体の違いを判別することが困難であることから、実用化された技術は少ない。そこで、作物等の供給物と作業者の違いを判別する要素技術を開発する。

今年度は、他分野等における既存技術を調査を行い、農業分野への適応性が高いと判断できるものを整理するとともに、適用が想定される農作業場面を検討する。この結果に基づいて、基礎試験装置の概要を検討し、設計する。

２．方　法

１）特許や文献等から、作物等と作業者を判別し得る技術を調査・検討し、利用可能性を見出した技術について、巻き込まれ事故が発生する農作業場面への適用を検討した。

２）２．１）の結果を踏まえ、最も可能性が高いと考えられた金属検出による作業者判別手法が利用可能か検討するため、市販の金属探知機（Ranger 製、Model 1000）を用い、以下の試験を行った。

(1) 供試金属探知機の特性調査

金属探知機の特性を調査するため、コイルの巻き方等の構造や、オシロスコープを用いて（以下の電圧、電流は全てオシロスコープを用いて測定）電圧や電流といった電気的な特徴を調査した。

その後、最も良好な金属検出部分を調査するため、金属探知機の上にポリカーボネート板を設置し、その上に円形鋼板サンプル（φ30㎜）を様々な位置に置いた時の検出コイルの電圧を測定した（図１c)。予備試験でコイルの中心線を境とした両側で電圧変化の傾向に差が見られなかったため､測定位置は､コイルの垂直方向および水平方向の中心線で区切られる４分の１部分とし、10㎜毎に縦６点、横 12 点の 72 点とした（図１b)。また、測定にあたって、サンプルの位置決めのために測定位置を示した方眼紙を張り付けた。サンプル下面から金属探知機の上面までの距離は、5㎜、10㎜、20㎜とした。なお、あらかじめポリカーボネート板等の設置の有無によって、検出コイルの電圧が変化しないことを確認した。

(2) 金属探知方式の農機への適用性確認試験

農業分野での検出方法に適用可能か検討するため、以下の２つの試験を行った。

①稲ワラや水、土等に遮蔽されていても､金属の検出に影響を与えないか調査した｡方法として、金属探知機の下に円形鋼板サンプル（φ30 ㎜）を置き、その間にワラ、水、土、泥（土＋水）を置き、検出コイルの電圧に変化が無いか調査した。サンプルの位置は、２．２）(1)の調査で、最

も電圧の変化が大きかった大矩形コイル（３．２）(1)で述べる）の真下（ベニヤと金属探知機底面間の距離20mm、サンプルが無い時と比べ0.04Vpp電圧変化）とした。水、土、泥は金属探知機の出力に影響のないプラスチック製のシャーレに15㎜の厚さで入れた（図２、３）。
②農機のように金属からなる機体中でも、対象とする金属を検出可能か確認するため、鋼鈑の上に置いたステンレス板、鋼板それぞれについて、概ね、2.5、5、7.5、10、15、20、25、30、35、50mmの10段階で幅を変えた時の、検出コイルの電圧を測定した。なお、ステンレスの厚さは1.5mm、鋼板の厚さは、1.6mm、床の鋼鈑から金属探知機下面までの距離は、5mmとした（図４）。

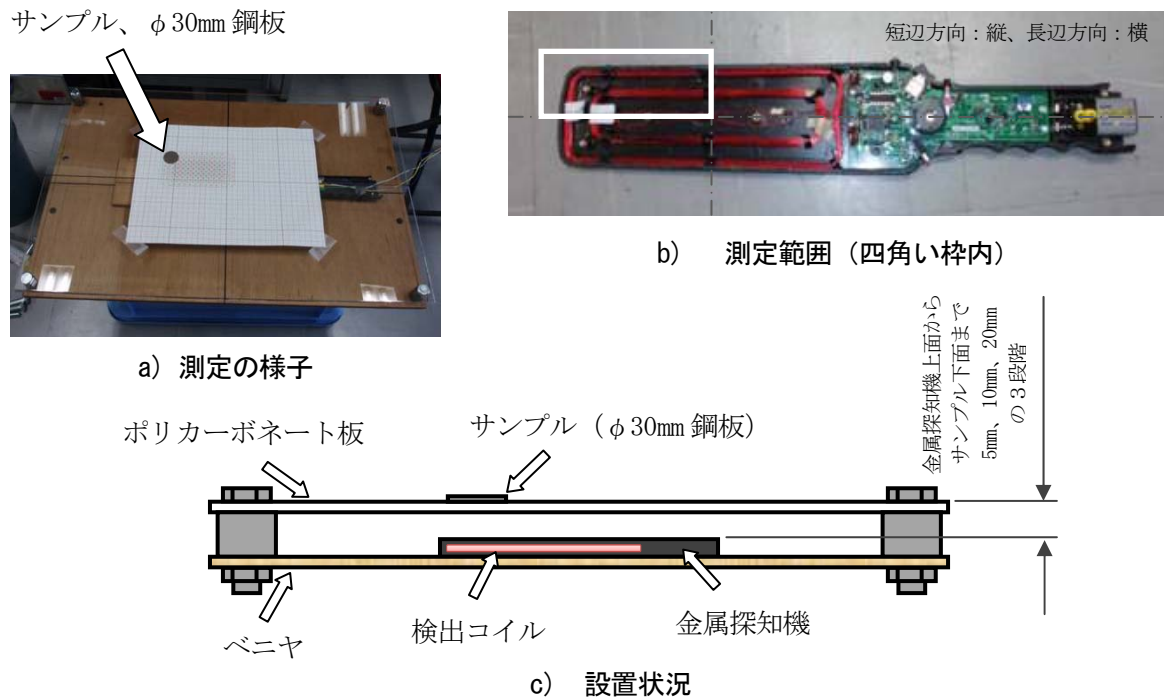



図１　金属検出特性の確認試験

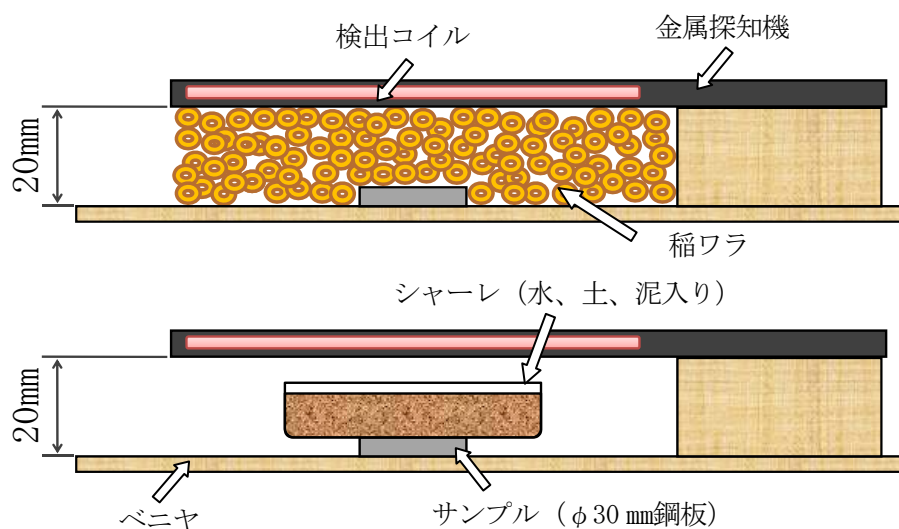



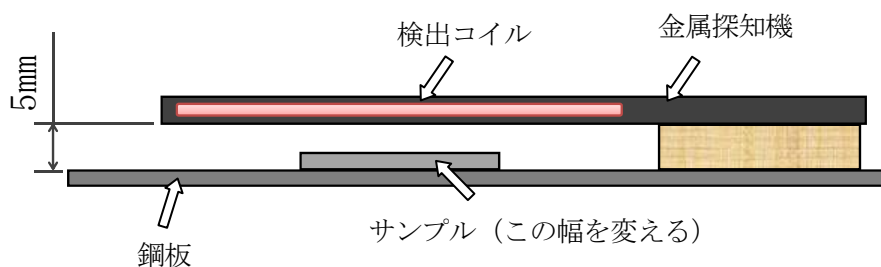
図２　ワラ等の遮蔽の影響確認試験（試験概要）

a）稲ワラ（含水率 11%）

b）水

c）土（含水比 76%）

d）泥（含水比 125%）

図３　遮蔽物等の影響確認試験（設置風景）

a）　試験概要

b）　設置状況（鋼板、幅 10 ㎜）

c）　設置状況（鋼板、幅 50 ㎜）

図４　周囲金属の影響確認試験

(3) 金属が含まれている既存手袋の検出可否確認試験

金属が含まれている既存の資材として、市販のステンレスワイヤ入り耐切創手袋（金属含量の異なる３種類）や金属がスパッタリングされている手袋（ステンレス、チタンの２種類）を供試し、各種手袋が有る時と無い時の検出コイルの電圧を比較してそれらが検出可能か調査した。距離は、手袋と金属探知機下面が接触する程度までとした。(図５)。

a)ワイヤ入りＡ（SUS）　b）ワイヤ入りＢ（SUS）　c）ワイヤ入りＣ（SUS）

d）スパッタ手袋(SUS)　e）スパッタ手袋(チタン)

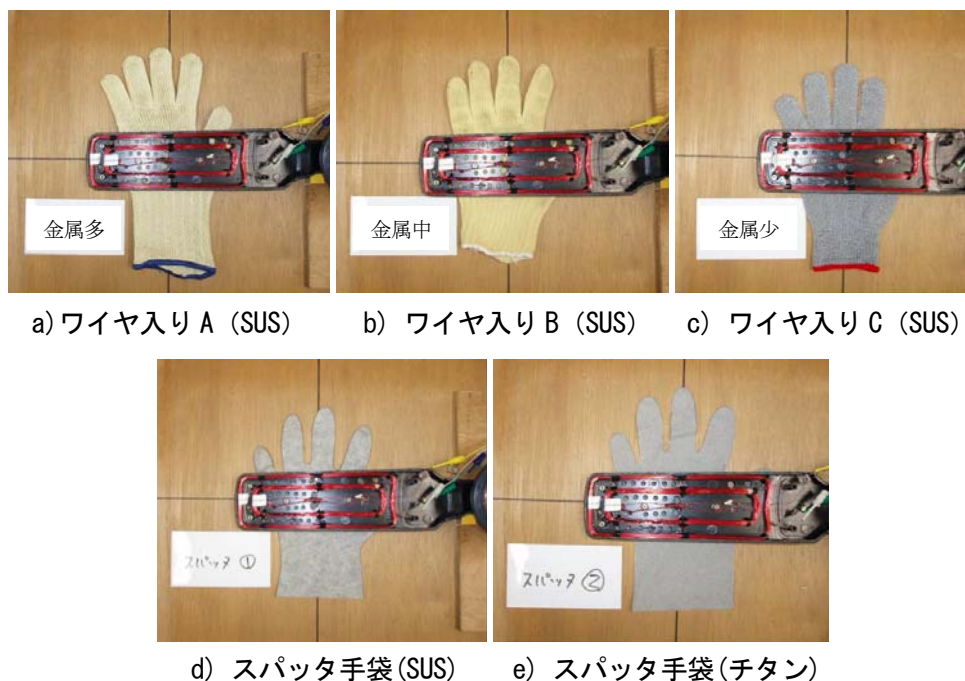



図５　既存手袋の検出可否確認試験（設置状況）

(4) 検出可能な金属幅の確認試験

２．２）(4)で供試した手袋がいずれも検出することができなかったため、手袋にどの程度大きさの金属が含まれていれば検出し得るか調査した。試験方法は、２．２）(3)の①と同様に行ったが、検出対象外の金属の影響を排除するため、床を鋼板からベニヤ板に変更した。

３）２．２）(4)、(5)の結果を踏まえ、磁性を持つ素材としてアモルファス金属繊維（ユニチカ製、ボルファ）の利用を検討し、予備試験を行った後、検出用手袋を試作した。予備試験は、アモルファス金属繊維として、伸線無・熱処理無（φ125μm)、伸線のみ（φ100μm)、伸線有・熱処理有（φ100μm）の３種類を供試し、コイルの両側の位置でベニヤ板に打ち付けたプラスチック製のピンにアモルファス金属繊維を巻き付け、巻き付け回数を変えたときの検出コイルの電圧を測定した（図６)。また、ベニヤと金属探知機下面の距離は5mmとした。

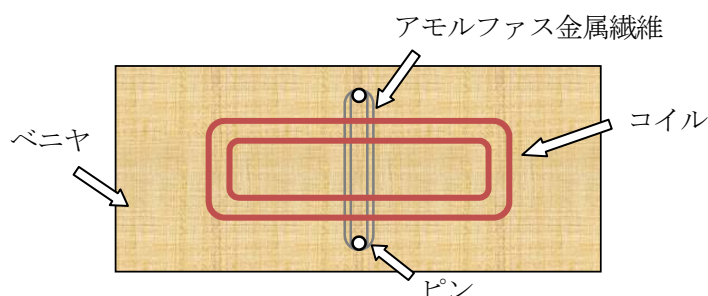



図６　アモルファス金属繊維の予備試験（設置状況）

4）自脱コンバインのフィードチェーン部分を想定した基礎試験装置について検討し、試作を行った。

3．結果の概要

1）既存技術の調査から、防犯用等で一般に普及している焦電センサ等の光や体温（赤外線を含む）を利用した人体検出は作物の遮蔽によって検出が困難と考えられた。作物等に遮蔽されていても有効な手段として、人体の接近による静電容量の変化の利用と、磁場の利用が挙げられた。前者は、直接的に作業者を判別可能であるが、同様の検出原理を用いたテーブルソーの安全装置[1]は、45%以上の含水率の木材には利用できないと言われており、作物等の水分の影響が懸念された。一方、後者は、金属の検出等の間接的な判別が必要となるが、水分や作物等の影響を受けにくいと考えられたため、後者の利用を検討することとした。

表に各種判別方法の調査結果を示す。

表　作業者を判別する方法の検討

検出媒	物理現象	センサ	作物等による遮蔽	水分の影響	価格
磁場	磁気誘導による磁性体検出（静磁場）	磁気抵抗素子等	○	○	○～×
	電磁誘導による金属検出（交番磁場）	コイル等	○	○	○～×
電磁波	電磁波の反射	マイクロ波検波ダイオード等	△	△	△～×
電場	静電容量の変化等	電極	○	△	○
超音波	超音波の反射	超音波振動子等	×	△	○～×
光	熱源（人体）からの赤外線放射	焦電素子等	×	○	○
	光の透過または反射（画像処理）	フォトダイオード等	×	○	○（×）

磁気を農作業における巻き込まれ事故に利用しようとした場合、足の巻き込まれには安全靴（フォレージハーベスタの刈取部等）や手の巻き込まれには耐切創手袋（自脱コンバインの手こぎ等）等が利用可能と考えられた。なお、一般的に巻き込まれの恐れのある可動部周辺では、手袋の使用は禁止されているが、巻き込まれのリスクが低減すれば使用可能と判断した。さらに、新たな利点として、素手でワラ等を扱う不快な作業からの解放や、事前の隅刈り時に扱う鎌による事故防止にもつながると期待される。また、足と手の巻き込まれ事故を比較した場合、推測される事故件数が多いと考えられる後者から、検討を行うこととした。

2）試験および検討結果は、以下の通りであった。

(1) 供試金属探知機の特性調査

金属探知機の内部は大きな矩形のコイル（以下、大矩形コイル）の内側にそれより小さな矩形のコイル（以下、小矩形コイル）があり、さらにその内側に８の字コイルが配置されていた（図７）。各コイルの配線は、図７のように①-②間がつながっており、①から見て大矩形コイル→８の字コイル→小矩形コイルの順に電流が流れ、大矩形コイルと小矩形コイルには、逆方向に電流が流れるように配置されていた。また、③-④間は、小矩形コイルのみに配置されていた。

これらの配置から、誘導平衡方式[3]（Induction Balance 方式）を用いていると考えられた（図８）。具体的には、①-②間コイルは磁場発生用であり、大矩形コイルと小矩形コイルに逆電流が流れるように配置することで、検出用である③-④間コイル付近の磁場が相殺される（=ゼロ磁場になる）。すると、交番磁場（磁力線の方向が周期的に入れ替わる磁場をいう）に金属が有ることによって変化した磁場の強さに応じて、③-④間の検出コイルの電圧が変化し、これを検出していると考えられた。なお、８の字コイルの機能は、地磁気等の環境磁場の影響を除外するためのものと推測された。

実際に電圧を測定して確認すると、金属の有無に応じて③-④間電圧が変化するのに対して、①-②間電圧に変化は見られなかった。さらに、位相を見ると金属が無い時には①-②間電圧と③-④間電圧が同相だったのに対して、金属がある場合は、③-④間電圧に位相の遅れが見られた。なお、③-④間電圧の変化に応じて、③-④間電流も変化していると考えられたが、電流が微小であり測定が困難だったため、以下の試験では③-④間電圧の変化を測定することとした。

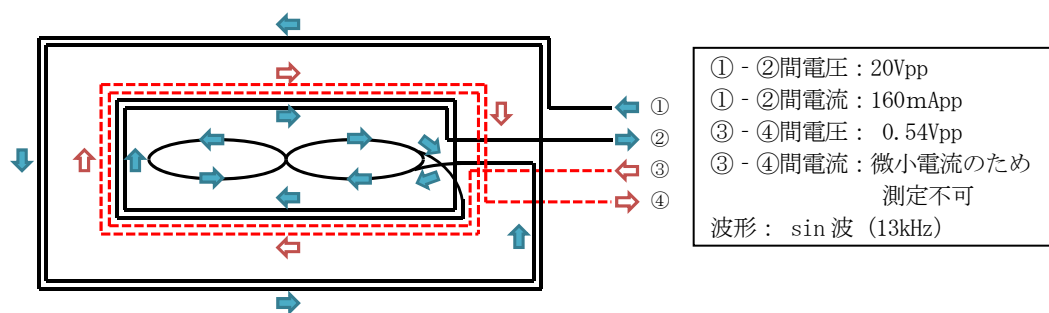
また、円形サンプルを用いた試験では、大矩形コイルの直下が最も電圧の変化が大きく、この部分が最も金属を検出しやすいと考えられた（図９）。金属探知機と円形サンプルの距離が離れると、急激に電圧の変化が小さくなることから、今後、農業機械への適応を考えた場合、いかに検出距離を伸ばすかが重要な課題と考えられた。

※矢印は電流の向き（交流電流なので、向きは随時入れ替わる）

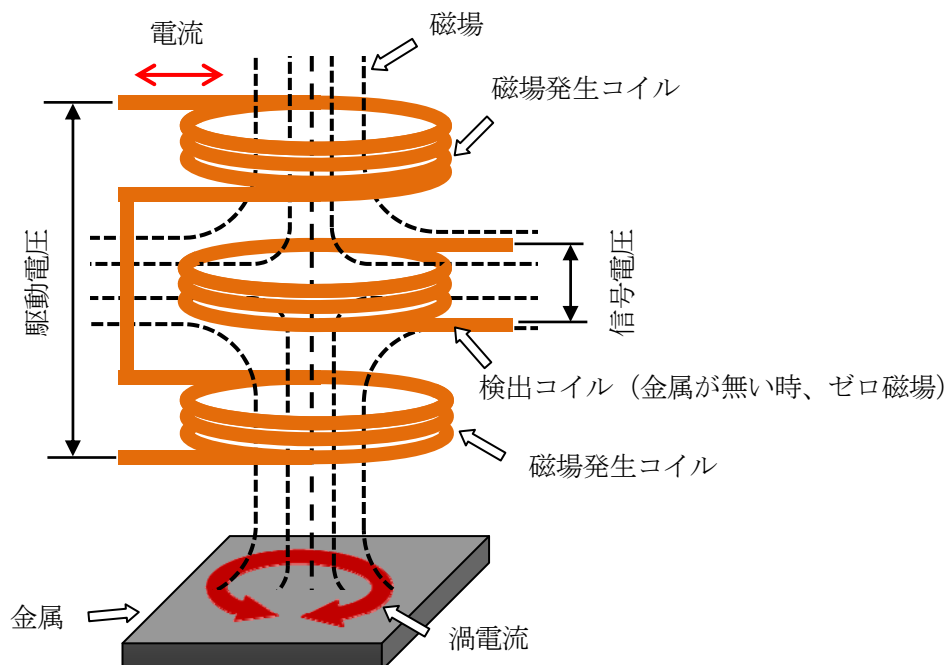
図７　供試金属探知機のコイル配置

※参考文献３）中の図を参考に作成

図８　誘導平衡のイメージ

※図中の赤い点線はコイル位置を示す。

※測定が 1/4 部分のみであったため、コンター図は、残りの 3/4 部分について線・点対称に反転して図示した。

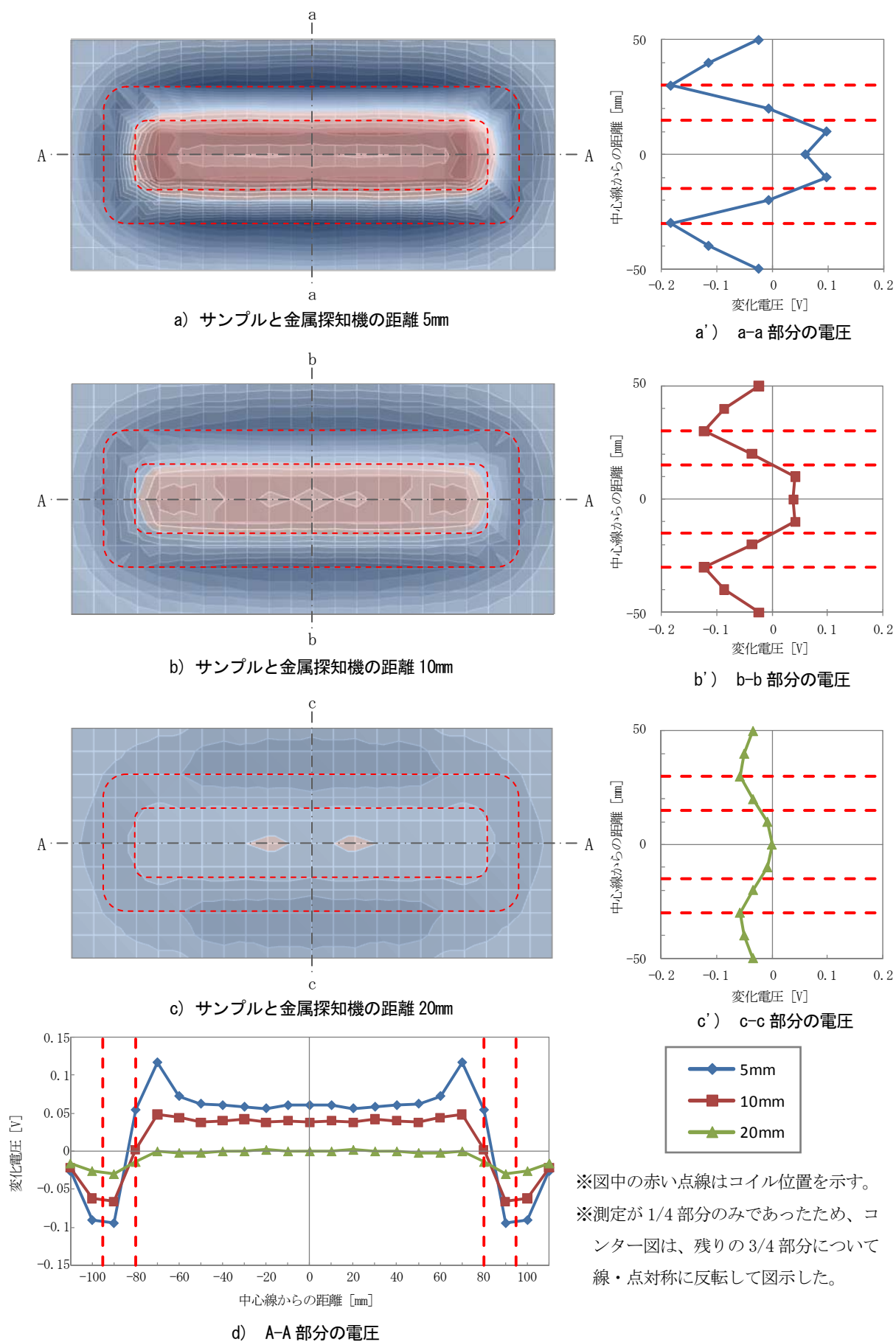



図９　金属検出特性の確認試験（結果）

(2) 金属探知方式の農機への適用性確認試験

作物等に検出対象が遮られていても、遮蔽物が何も無い時と比較し、検出コイルの電圧に変化は見られなかった（図 10）。また、周囲に金属があった場合も、検出対象があることで電圧が変化した（図 11）。これらから、金属検出による作業者の判別が、農業機械に利用できる可能性が見出された。

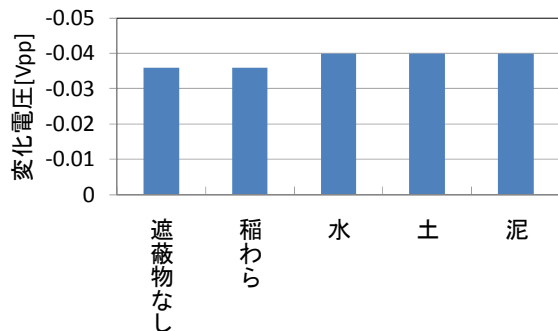



図 10　遮蔽物等の影響確認試験（結果）

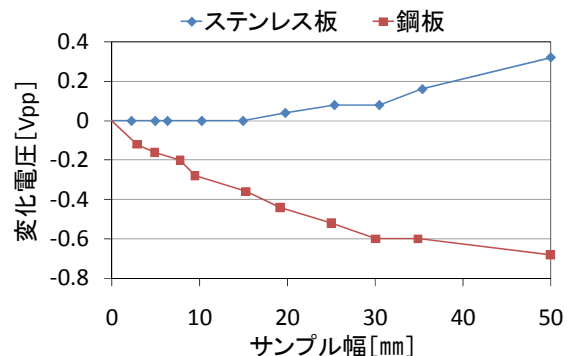



図 11　周囲金属の影響確認試験（結果）

(3) 金属が含まれている既存手袋の検出可否確認試験

供試した金属探知機では、いずれの手袋も検出コイルの電圧は変化せず、既存の手袋を検出することが困難であると判断された（図 11）。

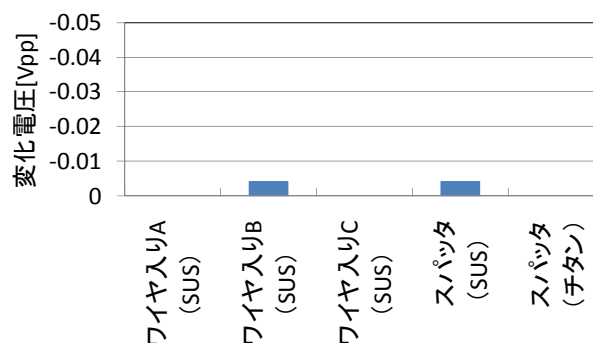



図 12　既存手袋の検出可否確認試験（結果）

(4) 検出可能な金属幅の確認試験

ステンレス板（磁性なし）は、2.5～10㎜ まで出力電圧・位相にほとんど変化が見られなかった。それに対し、鋼板では、2.5 ㎜幅でもそれぞれに変化が見られた（図 13）。この理由として、金属探知機の原理として一般的にいわれている電磁誘導は、検出対象の幅が小さいと発生する渦電流が小さく、その結果、磁場へ与える影響も小さくなる。従って、耐切創手袋のように全体の金属含量が多くても細線からなる場合は、検出が困難であると考えられた（図 14）。一方、鋼板（磁性あり）では電磁誘導とともに、磁性体が磁場におかれると磁性体も磁化する磁気誘導という現象が加わったため（図 15）、微小幅であっても電圧が変化したと考えられた。

検出対象の金属によって反射されるエネルギーの式を図 16 に示す。検出対象の比透磁率（μ_t）は、磁性のないステンレスの比透磁率がほぼ 1 なのに対し、磁性がある鉄の比透磁率が数百～数千と、磁性の有無で値が大きく異なる。それに対して、他の要素は比較的物理的な制約が大きい。従って、細いステンレス線からなる耐切創手袋を、金属探知機の性能向上によって検出しようとすると低コストでの装置実現が困難になると考え、ステンレスに代わる磁性材の利用を検討することとした。

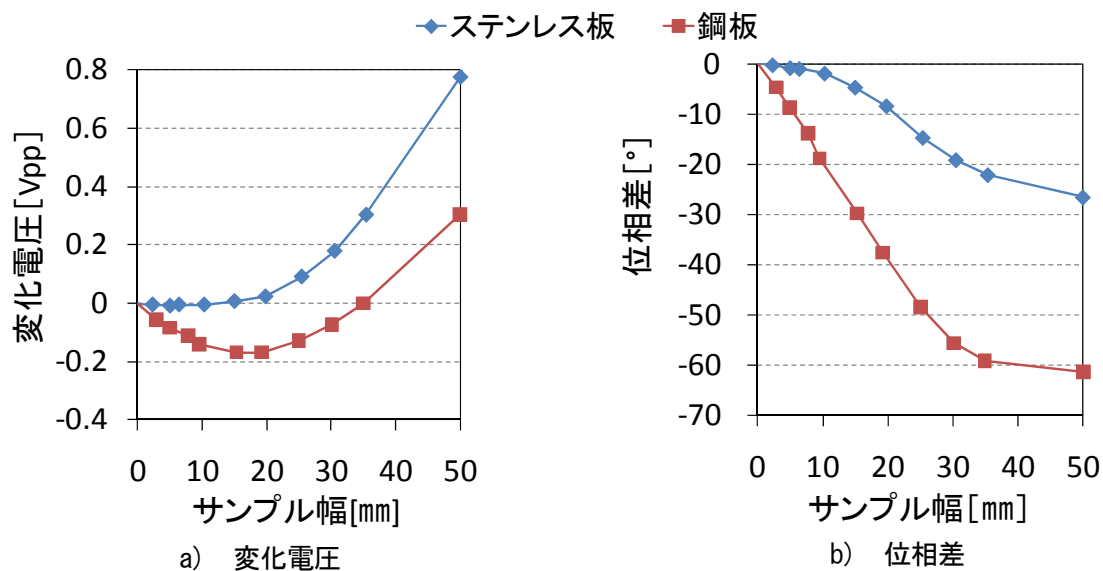



図 13　検出可能な金属幅確認試験（結果）

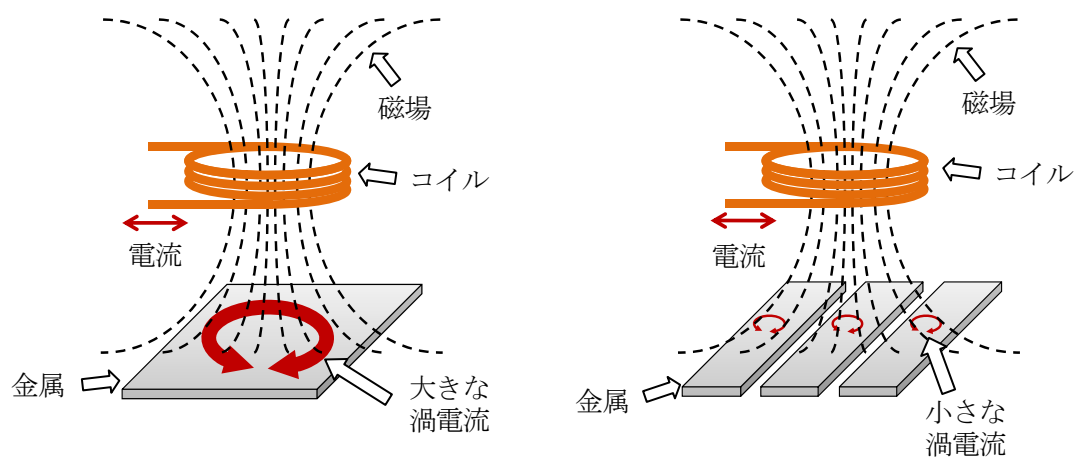



図 14　電磁誘導のイメージ

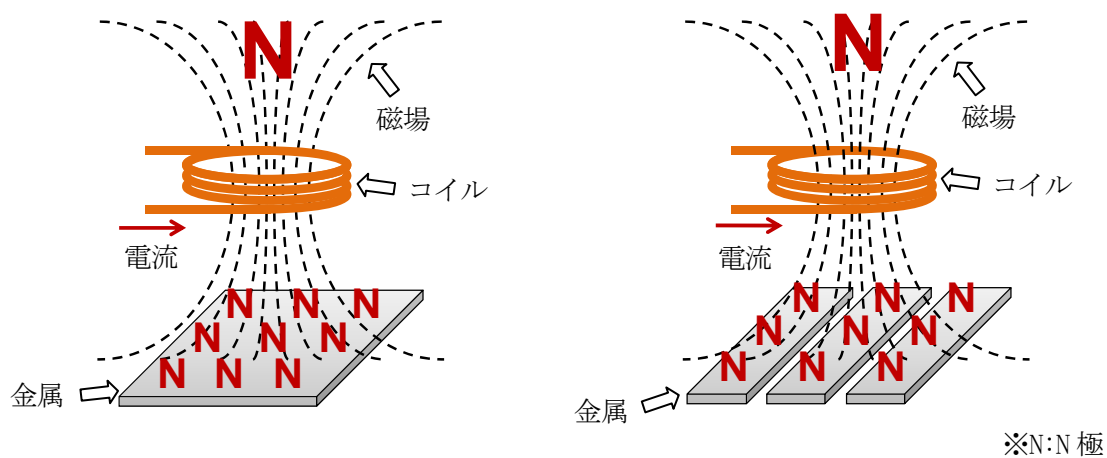



図 15　磁気誘導のイメージ

$$\frac{I_x}{I_s} = \mu_s \mu_t \pi^4 \frac{\left(N_s r_s{}^2\right)^2}{Z_s} \frac{\left(N_t r_t{}^2\right)^2}{Z_t} \frac{f^2}{d^6}$$

I_s :駆動電流，I_x :検出対象によって変化した電流（反射エネルギー）
μ_t :検出対象の比透磁率
μ_s,:検出コイルの比透磁率
N_s :検出コイルの巻き数，r_s :検出コイルの半径,
Z_s :検出コイルのインピーダンス,
N_t :検出対象の巻き数，r_t :検出対象の半径,
Z_t :検出対象のインピーダンス,
f : 周波数，d :検出コイルと検出対象の距離

※参考文献３）の式を基本とし、参考文献４）を参考に式を変換した。
　ただし、検出対象と検出コイルが同一直線状にあり、検出対象は円形、d>>r と仮定した場合。

図 16　検出対象の金属から反射されるエネルギーの式

３）新たに用いた磁性材として、既往の研究成果[5]からアモルファス金属繊維（ユニチカ製、ボルファ、ステンレスと同等の耐蝕性とピアノ線以上の強度を持つ）の利用を検討した。予備試験の結果、伸線や焼き入れなどの加工方法の違いにより傾向に違いが見られたものの、一部については細線でも検出できる可能性が示された（図 17)。そこで、最も電圧の変化が大きい線材（伸線なし・熱処理なし、φ125μm）を用いて予備試作を行ったところ（図 18a)、縫い針が折れる、糸が切れないといった縫製上の問題や、ゴワゴワするといった使用感の問題があった。いずれも線径が太すぎることが原因であり、細い線材に変更する必要があると判断された。しかし、線径を細くするには伸線加工が必要なため、伸線・熱処理ともに行っていない素材の次に電圧の変化が大きかった、伸線と熱処理を行ったより細い線材（φ50μm）を用いて、検出用手袋の試作を行った（図 18b)。この試作手袋を金属探知機に近づけたところ、検出可能であることを確認した。今後、この試作手袋を用いて試験を行う予定である。

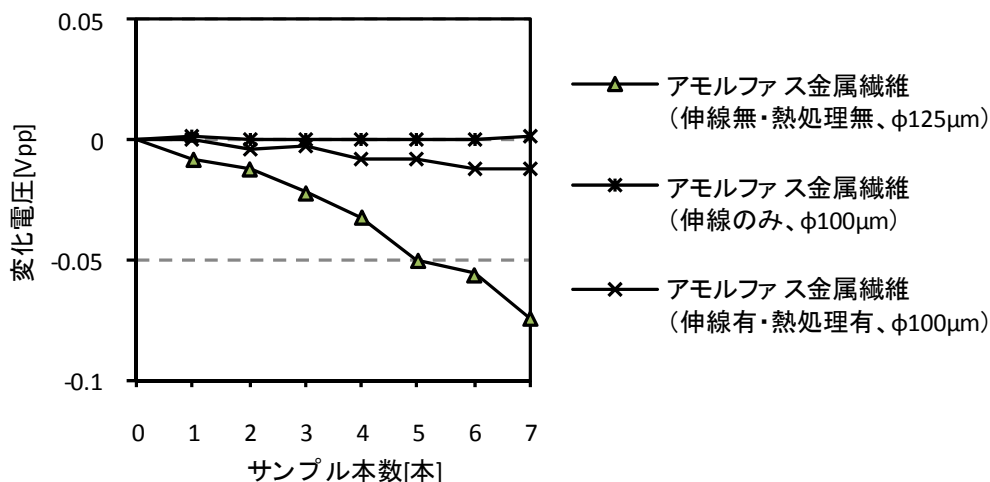



図 17　アモルファス金属繊維の予備試験（結果）

図 18　試作手袋（左：予備試作、右：本試作）

4）２．３）、4）では、いずれも静的な状態での試験結果であったことから、基礎試験装置では実際に近い動的な条件で、試作手袋の検出の可否やセンサ位置等について検討を行うこととした。また、具体的な機種として、２．１）の検討結果を踏まえ、通常の作業として行われているにも関わらず事故が発生している、自脱コンバインの手こぎ作業を想定し、装置を試作することとした。

試作した基礎試験装置は、作物搬送部と検出部から構成される。作物搬送部は、稲ワラや麦ワラの供給が可能な、自脱コンバインのフィードチェーン周辺の構造を有しており、チェーンは、インバータによって任意に速度調節が可能なモータで駆動される。検出部は、海外製フォレージハーベスタで利用されている金属探知機や、他の金属探知機に用いられているコイル、磁気センサ（ホール素子、磁気抵抗素子等）を用いることを想定し、それらを作物供給部の様々な位置に取り付け可能な構造としており、今後、各種センサに合わせて改造を行う予定である（図 19）。

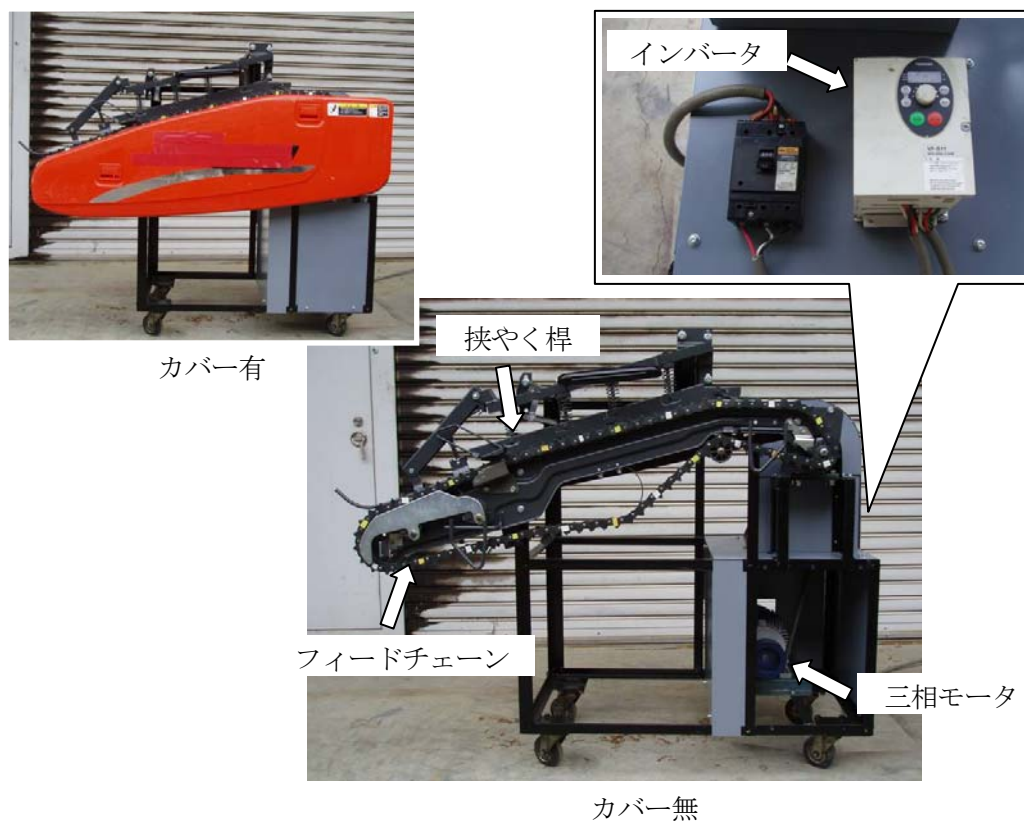



図 19　試作基礎試験装置

４．今後の課題

実際の作業条件に近い動的な条件での金属検出を確認するため、自脱コンバインの手こぎ作業時の事故を想定し、フィードチェーン周りの基礎試験装置を作成し、試験を行う。また、試作手袋や検出コイル等の改良について検討を行う。

５．謝辞

研究を進めるにあたって、ユニチカ（株）からアモルファス金属繊維のご提供や磁性材に関するご指導を頂いた。また、カナガワ（株）からは耐切創手袋の試作において多大なご協力を頂いた。東京大学の正宗賢先生からは、アモルファス金属繊維を用いた応用研究の事例についてご指導を頂いた。日本大学の小山潔先生からは、金属検出に関する研究の経験から様々なご教授を頂いた。ご指導、ご協力頂いた皆様に感謝の意を表する。

参考文献

１）Gass ら、米国特許　No.US 7,210,383 B2、Detection System for Power Equipment、2001
２）労働省産業安全研究所他、特開 2001-71192、ブランキングシステム、2000
３）Harry E. Burke、磁気現象ハンドブック、河本修監訳、共立出版、1995
４）後藤・山崎、詳解　電磁気学演習、共立出版、1970
５）石上ら、磁性を利用した遺残ガーゼ検知システムの構築、第 13 回日本コンピュータ外科学会大会論文集、p31-32、2004

３．農業法人およびコントラクタ等の農作業安全に関する実態調査研究

基礎技術研究部安全人間工学研究
志藤博克、積　栄、岡田俊輔
九州大学大学院　南石晃明
佐賀大学　西　和盛
龍谷大学日本学術振興会特別研究員
長命洋佑

［摘要］農業法人、コントラクタ、家族経営に対して、農作業事故等の農業経営に対するリスク意識、安全のための取組みの実施状況、農業機械を購入する際の選定基準における安全性の位置付け、より安全性の高い農業機械の普及を促進するために必要な優遇措置等について、アンケート調査を実施した。農作業事故へのリスク意識や安全のための取組み状況は、経営形態によって差が見られた一方、農業機械の選定基準や優遇措置については、一致した傾向が確認された。

１．目　的

従業員を雇用する組織形態の農業法人やコントラクタは、我が国農業の中心的な担い手として期待されている。これらの経営者は農業に精通していると同時に、高い経営者意識を持っていることから、安定的な経営に対する危険因子となる農作業事故への関心も高いものと思われる。そこで、農作業安全に対する意識やリスク管理の現状等について、家族経営との違いの有無を調査し、農作業安全の啓発活動や安全装置等の開発の資とする。

２．方　法

１）調査は、全国の農業法人 1750 件、コントラクタ 383 件（口蹄疫の影響により宮崎県を除く）、家族経営 1240 件にアンケート用紙を郵送して実施した。章末に農業法人に配布したアンケート用紙を添付した。家族経営は、農業機械士を通じて近所の農家にも協力頂いた。質問内容は、年齢、性別、経営形態、経営面積、作目、オペレータの雇用の有無（期間雇用を含む）、農業機械による作業でのヒヤリ体験の有無といったフェイスデータに加えて、農作業事故等の農業経営に対するリスク意識、日頃実施している安全のための取組みの状況、農業機械購入時の選定基準の優先順位、安全性の高い農業機械の普及に望まれる優遇措置、今後開発が望まれる乗用農業機械用の機能とした。

２）農作業事故とその他の経営に対するリスク要因の位置付けについて、各経営形態のとらえ方を明らかにするため、「農産物の価格変動」、「農作業事故」等、表１に掲げた 14 項目について「非常に大きい」、「大きい」、「普通」、「小さい」、「非常に小さい」の５段階で回答を求めた。それぞれに５～１の点数を割り振り、項目ごとに平均値を求めた。設問項目は、九州大学が家族経営を主な対象として行ったアンケート調査の設問を、一部変更を加えて用いた。

なお、本研究では、「農作業事故」に対するリスク意識を中心に、経営形態間の違いを明らかにすることとし、その他の項目との関連等については、協定研究を行っている九州大学

大学院が行うこととしている。

3）各経営形態における安全のための取組みの実態を把握するため、表２に示した10項目を掲げ、それぞれについて「実施中」、「行う予定」、「行いたいができない」、「行う予定なし」に分けて回答を求めた。各経営形態における「実施中」、「行う予定」、「行いたいができない」、「行う予定なし」とそれ以外の集計数を用いたカイ二乗検定をそれぞれの項目ごとに行った。有意差が認められた場合は経営形態間でライアンの方法による多重比較を行った。

4）農業機械購入時の選定基準における安全性の位置付けについて、経営形態による違いの有無を明らかにするため、「性能・機能」、「操作性」、「価格」、「安全性・快適性」、「耐久性」、「販売店」、「製造メーカ」の７項目中、重要度の高い順に５項目を選択して１～５位に順位付けしてもらった。その結果に５～１の点数を割り振り、項目ごとに平均値を求めた。

5）安全な農業機械を普及するための公的補助の必要性について、各経営形態の考え方を明らかにするため、今後望まれる優遇措置の例として、「JA共済・農業共済・労災保険等の掛け金や補償額に優遇措置を設けるべき」、「既存の補助事業の対象にならない機種について、新たな助成制度を設けるべき」、「必要なし」の３項目から複数回答を求め、集計した。

6）今後の乗用型農業機械用安全装置開発の資とするため、乗用農業機械に搭載することを想定した機能として、作業の効率化等に資する機能と安全確保のための機能の合わせて５項目を掲げ、このうち、今後開発が望まれるものを複数回答で伺った。

表３に例示した機能を示す。

表１　経営に対するリスク対象として例示した項目

農産物の販売価格の変動・低下 （コントラクタに対しては「作業委託数の減少、サイレージ販売量の減少」）
消費者の嗜好変化・需要の減少、販路の減少や販売量の減少 （コントラクタ向けでは削除）
肥料・農薬・飼料・燃料・電気など価格変動
悪天候や病害虫の発生
悪天候や機械故障による作業の遅れ
技術革新による技術・機械・施設の陳腐化
資金繰りの悪化
経営主・家族・雇用者の農作業事故
経営主・家族・雇用者の病気
後継者や家族の未就農・離農
自然災害
火事・盗難など人災
政策の変更
取引先などとの訴訟

表２　安全のための取組みとして例示した項目

作業中にヒヤリとした体験を仲間や家族で話し合っている
（以下、「ヒヤリ体験の共有」）

圃場（進入路を含む）やそこまでの経路、作業場などにある危険箇所を仲間や家族と確認している
（以下、「危険箇所の確認」）

圃場（進入路を含む）やそこまでの経路、作業場などにある危険箇所を順次、改善している
（以下、「危険箇所の改善」）

安全講習会に参加している
「以下、安全講習会への参加」）

健康状態、資格の有無、経験年数の長短、年齢などによって作業者の作業分担を考慮している
（以下、「作業者の制限」）

必要に応じてヘルメットや安全靴などを着用するなど、作業に適した服装を心がけている
（以下、「作業に適した服装」）

作業の前後には機械の整備を心がけ、定期点検を行っている
（以下、「機械の定期点検」）

機械を購入するときは、型式検査の合格機または安全鑑定の適合機を選ぶようにしている
（以下、「安鑑適合機の導入」）

緊急時の連絡先を皆がわかるようにしている
（以下、「緊急時の連絡先確認」）

保険等（労災保険、ＪＡ共済、農業共済）に加入している
（以下、「保険等への加入」）

表３　アンケートに例示した乗用農業機械への搭載を想定した機能

一人作業時の所在が家族や仲間にわかり、万一の時には自動で緊急通報してくれる機能

作業に不慣れなオペレータでもわかるよう、必要に応じて作業方法・手順や作業すべき圃場の位置をモニターに表示して教えてくれる機能

事前にコンピュータの地図情報に登録した危険箇所に近づくと、モニターに表示して警告を発してくれる機能

作業軌跡や収量等の情報をモニターに表示し、作業日時や場所などの履歴を自動記録してくれる機能

脱輪の恐れがある溝などを事前に検知して警告してくれる機能

３．結果

１）回収率とフェイスデータの集計結果

(1)回収率、回答者の年齢と性別

アンケート回収数は農業法人 313 件(回収率 17.9%)、コントラクタ 63 件(同 16.4%) 、家族経営 274 件(同 22.1%)であった。

回答者の平均年齢は農業法人が 54.1 歳（23～80 歳）、コントラクタが 53.6 歳（30～71 歳）、家族経営が 56.4 歳（21～81 歳）とほぼ同等だった（図１～３）。性別は、農業法人の 97%、コントラクタではすべて、家族経営の 98%が男性であった。

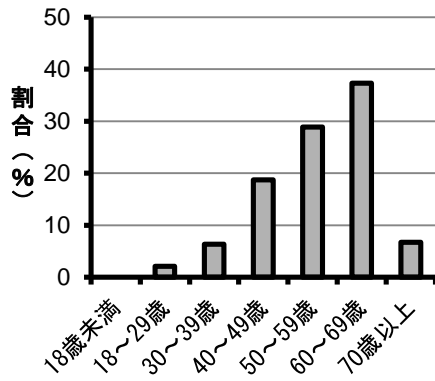



図１　農業法人の回答者年齢分布

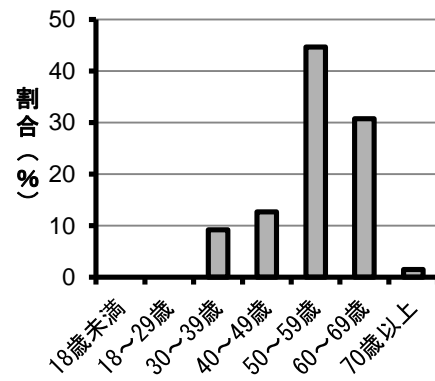



図２　コントラクタの回答者年齢分布

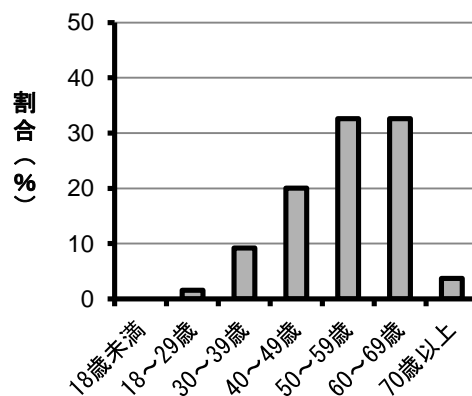



図３　家族経営の回答者年齢分布

(2)回答者の作目・経営母体（複数回答）

回答者の作目は、農業法人では水稲（56.9%）、野菜（48.6%）、麦・大豆（34.8%）が上位を占めた。家族経営でも、作目の順位は農業法人と同じく水稲、野菜、麦・大豆であるが、水稲が85.8%と多かった。

コントラクタは経営の母体について質問したところ、酪農が46.0%と最も多かった。その他の内訳は、農業公社やＪＡなどであった。経営形態では法人格のない個人事業が27.4%で最も多く、次いで有限会社（24.2%）であった。

農業法人と家族経営の回答者の作目を図４および５、コントラクタの経営の母体を図６、経営形態を図７に示す。

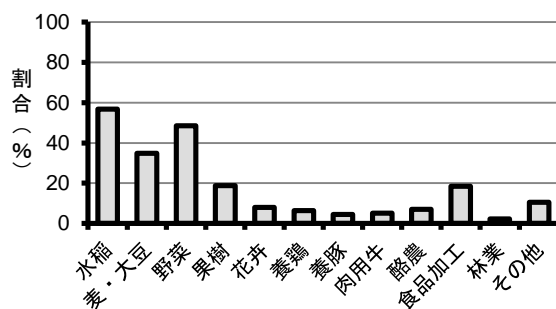



図４　農業法人の作目（複数回答）

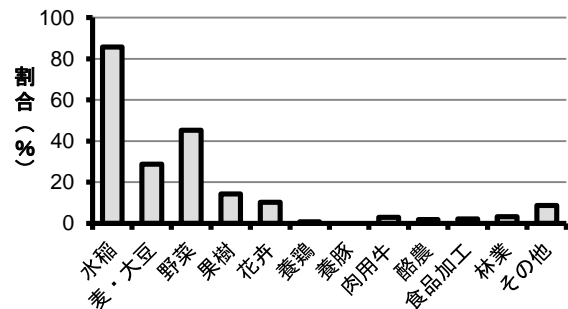



図５　家族経営の作目（複数回答）

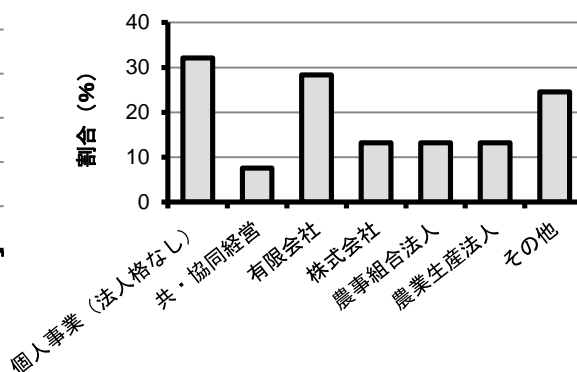
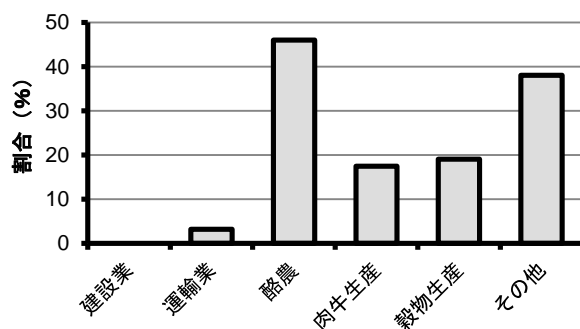



図６　コントラクタの経営母体（複数回答）　図７　コントラクタの経営形態（複数回答）

(3)経営面積・受託面積

農業法人の経営面積は平均 40.1ha で、50ha 以上の経営が 62.2%と最も多かったのに対し、家族経営の経営面積は平均 13.2ha で、5ha 未満の経営が 48.0%と最も多く、経営規模の違いが顕著に表れた。作業受託している割合は農業法人で 90.5%、家族経営で 89.7%といずれも高かった。これは、家族経営の中には農業機械士が多く含まれていたためと考えられた。

コントラクタの受託面積は、北海道で平均 6343ha、府県で平均 251ha であり、北海道では 1000ha 以上 5000ha 未満が 44.0%と最も多く、府県では 100ha 以上 500ha 未満が 36.1%と最も多かった。

農業法人の経営面積の分布を図８、家族経営の経営面積の分布を図９に、コントラクタの受託面積の分布を図 10 に示す。

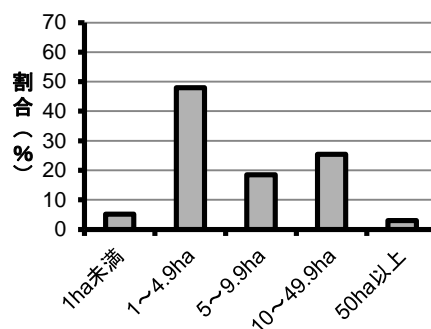
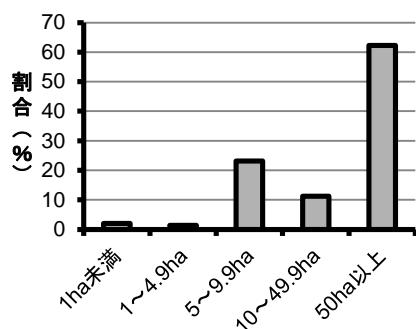



図８　農業法人の経営面積分布

図９　家族経営の経営面積分布

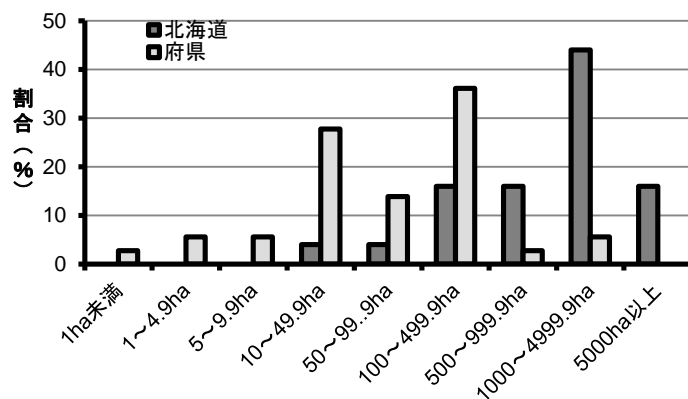



図 10　コントラクタの受託面積の分布

(4)圃場の地形

圃場の地形は機械作業の難易度や安全性に影響を及ぼす。農業法人とコントラクタでは平坦地が約半数、一部傾斜地が約３割を占める等、ほぼ同様の分布となった。一方、家族経営では平坦地が約７割、一部傾斜地が約２割と前者と分布が異なった。

農業法人の圃場地形を図 11、コントラクタの圃場地形を図 12、家族経営の圃場分布を図 13 に示す。

図 11　農業法人の圃場地形

一部、棚田、段々畑
4.5%
棚田、段々畑
1.8%
傾斜地
20.7%
平坦地
45.0%
一部、傾斜地
27.9%

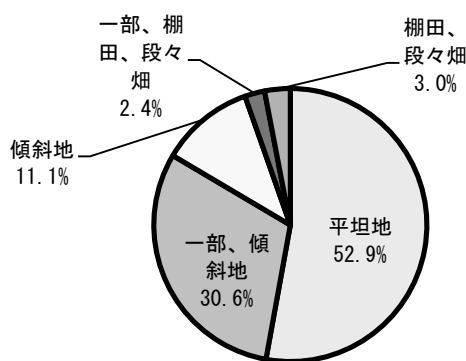
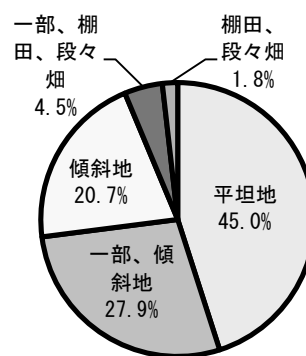



図 12　コントラクタの圃場地形

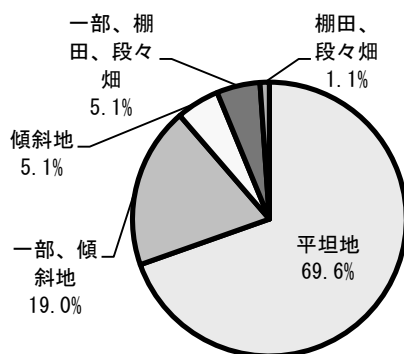



図 13　家族経営の圃場地形

(5)最もよく使うトラクタの大きさと安全キャブ・フレームの有無

最もよく使うトラクタの大きさについては、農業法人は、どの馬力帯もほぼ同等の割合を示した。コントラクタは、100PS 以上が大半を占めた。家族経営は 20～30PS クラスが３割弱と最も多かった。

最もよく使うトラクタの安全キャブ・フレーム（以下、ROPS）の種類では、どの経営形態でも安全キャブが大半を占め、特にコントラクタでは約８割を占めた。全体を通してみると、安全キャブは 20～30PS クラスでは１割にしか過ぎないが、30～40PS クラスになると約５割を占め、40～50PS クラスになると７割を超し、キャブ化が進んでいることが伺えた。一方、ROPS なしのトラクタが、機械作業を主たる業務とするコントラクタにおいてさえ存在していることが明らかとなったが、実際の ROPS 装着率が５割程度と言われている状況を考慮すると、回答者の ROPS 装着率は高いと判断された。

最もよく使うトラクタの大きさを図 14～16 に、そのトラクタの ROPS の種類を図 17 に示す。また、すべての経営形態を合わせたトラクタ馬力帯ごとの ROPS の種類を図 18 に示す。

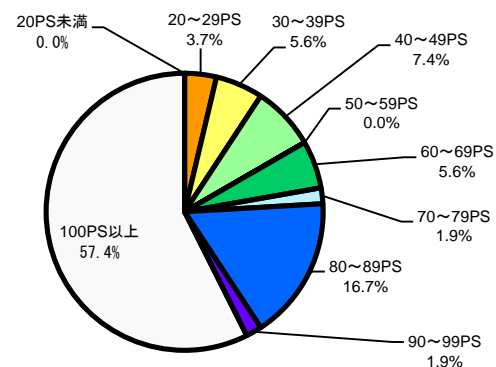
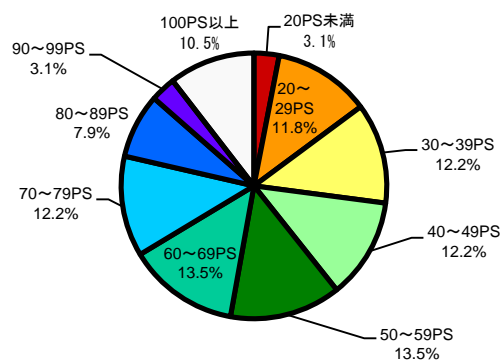



図 14　農業法人が最もよく使うトラクタ　図 15　コントラクタが最もよく使うトラクタ

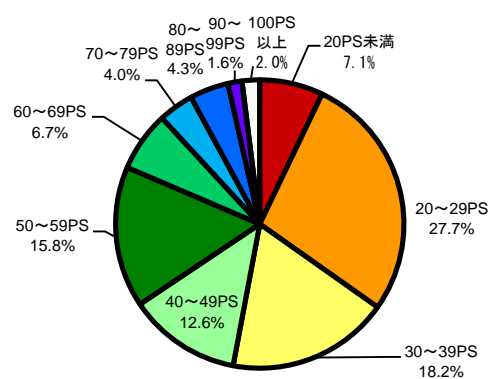



図 16　家族経営が最もよく使うトラクタの大きさ

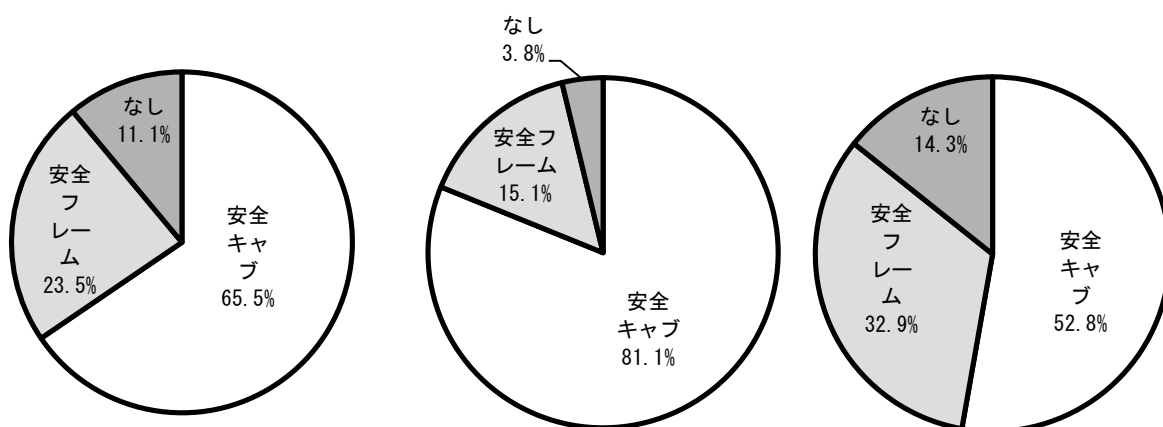



図 17　各経営形態で最もよく使うトラクタの ROPS の種類
（左から農業法人、コントラクタ、家族経営）

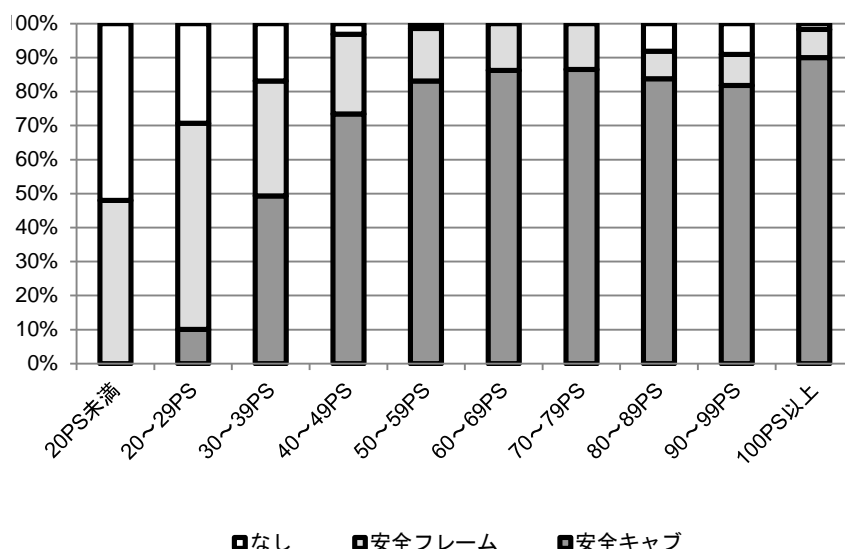



図 18　最もよく使うトラクタの馬力帯別に見た ROPS の種類（全経営形態）

(6)雇用者の有無

各経営形態における雇用者の割合、平均人数、平均年齢を表４に示す。

機械作業のオペレータを雇用しているかについては、７割以上の農業法人とコントラクタが雇用ありと回答した一方、家族経営では 15%に止まった。雇用ありの回答者の平均雇用人数は、農業法人が 5.3 人、コントラクタが 12.6 人、家族経営が 3.9 人であった。家族経営も少数ながら農業法人に近い規模で作業している経営があることが伺われた。雇用者の平均年齢は農業法人が 29.7 歳、コントラクタが 33.4 歳、家族経営が 45.1 歳であり、農業法人が最も若かった。

表４　各経営形態における雇用者の割合、平均人数、平均年齢

	農業法人	コントラクタ	家族経営
雇用ありの割合	75.4%	77.4%	15.1%
平均人数	5.3 人	12.6 人	3.9 人
平均年齢	29.7 歳	33.4 歳	45.1 歳

２）経営に対するリスク意識

経営に対するリスク意識の経営形態別の比較を表５に示す。

経営に対するリスク意識の項目中、「農作業事故」の平均値は、コントラクタでは「火事・盗難等の人災」と並んで最も高い 4.1 ポイントだった。家族経営では、「農産物の販売価格の変動・低下」、「肥料・農薬・飼料・燃料・電気などの価格変動」と並んで 4.2 ポイントと最も高かった。一方、農業法人の「農作業事故」の位置付けは、「農産物の販売価格の変動・低下」（4.0 ポイント）、「肥料・農薬・飼料・燃料・電気などの価格変動」（4.0 ポイント）、「悪天候や病害虫の発生」（3.9 ポイント）に続いて４番目の 3.8 ポイントだった。

各経営形態での「農作業事故」の平均値は、ヒヤリ経験の有無および 65 歳未満と以上での差はほとんどなかった。雇用の有無での比較は、コントラクタでの雇用あり 4.3 ポイントと

雇用なし3.6ポイントの差と、家族経営での雇用なし4.3ポイントと雇用あり3.6ポイントの差が目立った。コントラクタについては、雇用者の機械作業の熟練度に対する懸念が背景にあると思われ、家族経営については、自分以外の労働力を当てにできない不安感が背景にあるものと考えられた。

なお、回答傾向とフェイスデータの属性との関係については、協定研究パートナーである九州大学大学院が分析を行うことになっており、その結果を待つこととしたい。

表５　経営に対するリスク意識

	農業法人	コントラクタ	家族経営
農産物の販売価格の変動・低下 作業委託数の減少、サイレージ販売量の減少[1)]	4.0	3.3	4.2
消費者の嗜好変化	3.8	−	4.0
肥料・農薬・飼料・燃料・電気など価格変動	4.0	3.7	4.2
悪天候や病害虫の発生	3.9	3.7	3.9
悪天候や機械故障による作業の遅れ	3.3	3.6	3.3
技術革新による技術・機械・施設の陳腐化	2.9	3.0	3.1
資金繰りの悪化	3.7	3.8	3.5
経営主、家族、雇用者の農作業事故	3.8	4.1	4.2
経営主・家族・雇用者の病気	3.6	3.7	4.1
後継者や家族の未就農・離農	3.3	3.7	3.9
自然災害	3.6	4.0	4.1
火事・盗難など人災	3.4	4.1	3.9
政策の変更	3.6	3.9	3.8
取引先などとの訴訟	3.6	3.6	3.5

1)コントラクタに対しての設問

３）日頃行っている安全のための取組み（複数回答）

表６に安全のための取組みの各項目について「実施中」と回答した数の有効回答数に対する割合（以下、実施割合）を示す。有効回答数は、農業法人が 307 件、コントラクタが 63 件、家族経営が 267 件であった。

「実施中」の安全のための取組みの実施割合は、農業法人では「保険等への加入」、「ヒヤリ体験の共有」、「機械の定期点検」、コントラクタでは「機械の定期点検」、「保険等への加入」、「危険箇所の確認」、家族経営では「保険等への加入」、「機械の定期点検」、「ヒヤリ体験の共有」がそれぞれ高かった。特に「機械の定期点検」は95%とほとんどのコントラクタが行っていた。経営形態間で比較すると、「危険箇所の確認」、「作業者の制限」、「機械の定期点検」の３項目でコントラクタが最も高く、次いで農業法人、その次が家族経営の順となった（$p<0.05$）。また、「ヒヤリ体験の共有」、「危険箇所の改善」、「安鑑適合機の導入」、「緊急時の連絡先確認」、「保険等への加入」の５項目においては、農業法人とコントラクタの間には有意差が見られないが、それらに対して家族経営が有意に低かった（$p<0.05$）。唯一、家族経営が他の経営形態よりも有意に高かったのは「安全講習会への参加」であった。これは、家族経営の回答者に多くの農業機械士が含まれていることが理由と考えられた。農業機械士は、地域における農作業安全への取組みに中心的な役割を担っており、周辺の農家を誘って安全講習会に参加したり、注意喚起の立て看板などの設置等に積極的に取り組んできた実績がある。

「保険等への加入」は各経営形態とも上位に位置したが、内訳を見ると、労災保険の加入

率は、雇用がある経営が雇用がない経営を上回っているものの 25～45%であった。必ずしも高い値とは言えないが、全国平均が 3～4%と言われている現状と比較すると、本調査の回答者は加入への意識が比較的高いものと判断された。また、労災保険と JA 共済の両方に加入している農業法人は 16%、コントラクタは 18%、家族経営は 8%と少ないながら存在した。

表７に保険等への加入状況を示す。

表6 「実施中」項目の有効回答数に対する割合（複数回答、単位：%）

	農業法人		コントラクタ		家族経営	
ヒヤリ体験の共有	71.7	a	81.0	a	58.4	b
危険個所の確認	66.8	a	85.7	b	45.3	c
危険個所の改善	54.4	a	52.4	a	36.7	b
安全講習会への参加	25.1	a	38.1	b	46.8	b
作業者の制限	57.7	a	74.6	b	34.5	c
作業に適した服装	35.5	a	57.1	b	52.4	b
機械の定期点検	69.7	a	95.2	b	61.0	c
安鑑適合機の導入	54.4	a	61.9	a	38.2	b
緊急時の連絡先確認	53.4	a	63.5	a	25.5	b
保険等への加入	89.0	a	87.2	a	69.9	b

異符号間で有意差あり（$p<0.05$）

表7 保険等への加入状況（複数回答、単位：%）

	農業法人		コントラクタ		家族経営	
	雇用あり	雇用なし	雇用あり	雇用なし	雇用あり	雇用なし
労災保険	44.5	36.6	39.6	14.3	25.0	12.4
JA 共済	20.9	25.4	33.3	35.7	25.0	33.3
農業共済	19.1	16.9	4.2	21.4	22.5	21.3
種別不明	45.0	32.4	33.3	35.7	35.0	25.3
未加入	8.2	14.1	14.6	7.1	22.5	33.3
雇用あり経営の割合	70.6		76.2		15.0	

各項目について「実施の予定」と回答した数の有効回答数に対する割合を表８に示す。

「実施中」の割合に比較して全体的に数値が低かったが、「安全講習会への参加」、「作業に適した服装」、「緊急時の連絡先確認」が比較的高いの値を示した。

表8 「実施予定」項目の有効回答数に対する割合（複数回答、単位：%）

	農業法人		コントラクタ		家族経営	
ヒヤリ体験の共有	4.6		1.6		8.2	
危険個所の確認	6.8		3.2		10.9	
危険個所の改善	11.1		7.9		14.6	
安全講習会への参加	20.2	a	17.5	a	8.2	b
作業者の制限	9.8		4.8		12.4	
作業に適した服装	17.9		11.1		13.5	
機械の定期点検	7.8	a	0.0	a	10.5	b
安鑑適合機の導入	7.2		11.1		11.2	
緊急時の連絡先確認	14.7		12.7		20.6	
保険等への加入	1.6		4.8		6.7	

異符号間で有意差あり（$p<0.05$）

各項目について「取組みたいが不可」の回答数の有効回答数に対する割合を表９に示す。

これも「実施中」よりも全体的に低い値を示したが、すべての経営形態で共通して比較的数値が高いと思われたのは、「危険箇所の改善」と「安全講習会への参加」であった。「危険箇所の改善」は、圃場等の改善には大きな費用がかかることが多く、手を付けられない状況にあること、また、コントラクタについては、圃場の地権者に改善を頼むしか方法がない状況が推測された。「安全講習会への参加」については、参加したくても近所で開催していない状況や、スケジュールが合わない状況、あるいは講習会に関する情報が手に入りにくい状況にあることが推測された。

表9 「取り組みたいが不可」項目の有効回答数に対する割合（複数回答、単位：%）

	農業法人		コントラクタ		家族経営	
ヒヤリ体験の共有	2.6		0.0		2.2	
危険個所の確認	4.2		1.6		3.0	
危険個所の改善	10.4		11.1		13.9	
安全講習会への参加	13.0		20.6		13.5	
作業者の制限	5.2		4.8		9.7	
作業に適した服装	14.3	a	7.9	b	4.9	c
機械の定期点検	6.5		0.0		7.9	
安鑑適合機の導入	7.8		3.2		8.2	
緊急時の連絡先確認	3.3	a	1.6	b	7.9	c
保険等への加入	0.7		3.2		1.1	

異符号間で有意差あり（p<0.05）

各項目について「取組む予定なし」と回答した数の有効回答数に対する割合を表 10 に示す。

これも全体的に数値が低かったが、この中では農業法人の「安全講習会への参加」が比較的大きな数値を示した。今回の調査の範囲では、農業法人が講習を受けるまでもないと考えているのか、近くで安全講習会が行われないためなのか、その理由について判断することはできなかった。

表 10 「取り組む予定なし」項目の有効回答数に対する割合（複数回答、単位：%）

	農業法人		コントラクタ		家族経営	
ヒヤリ体験の共有	2.6		0.0		4.5	
危険個所の確認	2.6		1.6		5.6	
危険個所の改善	3.6		6.3		4.5	
安全講習会への参加	16.0	a	3.2	b	7.1	c
作業者の制限	4.9		4.8		6.0	
作業に適した服装	7.8	a	3.2	b	2.2	c
機械の定期点検	1.0		0.0		1.9	
安鑑適合機の導入	7.2		4.8		8.6	
緊急時の連絡先確認	3.3	a	1.6	b	7.9	c
保険等への加入	1.3		0.0		3.4	

異符号間で有意差あり（p<0.05）

４）農業機械の選定条件における安全性の位置付け

農業機械購入時の選定基準の順位を表 11 に示す。有効回答数は、農業法人が 287 件、コン

トラクタが 61 件、家族経営が 260 件であった。

農業機械の選定基準は、各経営形態ともに１位が「機能・性能」、２位が「価格」であり、「安全性」は３位（コントラクタでは「操作性」に次いで４位）だった。この傾向は、ヒヤリ経験の有無でも変わりがなく、経営者の年齢、雇用の有無による回答傾向についても違いは見られなかった。このことから、安全性・快適性は、農業機械の機能や性能および価格と両立すべきであり、それらを阻害するものであってはならないことが示唆された。

表 11　農業機械の選択基準の順位

	農業法人	コントラクタ	家族経営
1 位	機能･性能	機能･性能	機能･性能
2 位	価格	価格	価格
3 位	安全性･快適性、　操作性	操作性	安全性･快適性、　販売店
4 位	ー	安全性･快適性	ー
5 位	耐久性	耐久性	製造メーカ

５）今後望まれる優遇措置（複数回答）

安全性の高い農業機械がより広く普及するために必要と考えられる優遇措置への要望を表 12 に示す。有効回答数は、農業法人が 263 件、コントラクタが 57 件、家族経営が 248 件であった。

「保険掛け金や補償額への優遇」、「補助事業対象外の機種への助成」のいずれの優遇措置についても、各経営形態ともに要望が高く、「必要なし」を大きな差を示した。いずれの経営形態も、経営者の年齢、雇用の有無、ヒヤリ経験の有無による回答傾向の違いは見られなかった。

表 12　安全性の高い農業機械の普及に望まれる優遇措置（複数回答、単位：%）

	農業法人	コントラクタ	家族経営
保険掛け金や補償額への優遇	61.2	66.7	75.0
補助事業対象外の機種への助成	50.2	66.7	46.0
必要なし	16.7	12.3	9.7
その他	1.9	0.0	2.8

６）開発が望まれる乗用農業機械用の機能（複数回答）

今後開発が望まれる乗用農業機械用の機能についての要望を表 12 に示す。有効回答数は、農業法人が 252 件、コントラクタが 58 件、家族経営が 248 件であった。

「一人作業時の所在がわかり、万一の時は自動で緊急通報する機能」は、どの経営形態からも半数近くの高い要望が寄せられた。「作業軌跡の表示や作業履歴を自動記録する機能」については、コントラクタで最も要望が高く、次いで農業法人、家族経営の順であった($p<0.05$)。「作業手順や圃場位置をモニターに表示する機能」も他の経営形態との有意差はないものの、コントラクタの要望が高かった。

表 13 に経営形態ごとに雇用の有無による比較を行った結果を示す。

家族経営は「緊急通報」と「作業履歴の自動記録」で、農業法人は「モニター表示」で、

それぞれ雇用ありが雇用なしより有意に高かった（$p<0.05$）。また、農業法人は「溝などの事前検知」で雇用なしが雇用ありより有意に高かった（$p<0.05$）。コントラクタでは、雇用の有無による違いは見られなかった。

なお、いずれの経営形態も、経営者の年齢、ヒヤリ経験の有無による回答傾向の違いは見られなかった。

表 13　開発が望まれる乗用農機用機能（複数回答、単位：%）

	農業法人	コントラクタ	家族経営
一人作業時の所在が家族にわかり、万一の時は自動で緊急通報	48.4	44.8	46.4
作業手順や圃場位置をモニター表示	28.6	37.9	30.2
事前に GIS に登録した危険位置に接近すると警告を発する	23.0	22.4	16.1
作業軌跡の表示や作業履歴の自動記録	39.7 a	48.3 b	29.0 c
脱輪の恐れがある溝などの事前検知	23.4	25.9	28.2

異符号間で有意差あり（$p<0.05$）

表 14　開発が望まれる乗用農機用機能（雇用の有無比較）（複数回答、単位：%）

	農業法人		コントラクタ		家族経営	
	雇用あり	雇用なし	雇用あり	雇用なし	雇用あり	雇用なし
一人作業時の所在がわかり、万一の時は自動で緊急通報	38.3	44.4	50.0	42.8	61.0*	39.0
作業手順や圃場位置をモニター表示	27.9*	13.9	42.1	42.9	22.0	28.6
事前に GIS に登録した危険位置に接近すると警告を発する	20.3	18.1	26.3	21.4	19.5	13.9
作業軌跡の表示や作業履歴の自動記録	36.0	26.4	52.6	57.1	39.0*	24.2
脱輪の恐れがある溝などの事前検知	17.1	29.2*	34.2	14.3	29.3	25.1

*危険率 5%で有意差あり

４．まとめ

１）農作業事故に対するリスク意識と安全の取組みの実践状況の関連性について

コントラクタは、農作業事故に対するリスク意識も安全のための取組みの実施率も高かったが、その他の経営形態では、農作業事故に対するリスク意識と安全のための取組みの実践状況は一致しないことが明らかになった。家族経営は、農作業事故の経営へのリスク意識こそ高かったものの、安全のための取組み状況は全般的に他の経営形態よりも低かった。農業法人は、農作業事故のリスク意識が上位から４番目に位置しているものの、安全の取組みの実施割合は家族経営よりも高かった。コントラクタについては、農業経営とは異なり、圃場作業が主となる業種であることから、農作業安全の占めるウェイトが他の経営形態よりも大きく、そのため、農作業事故のリスク意識と安全のための取組みの実践状況がいずれも高いレベルにあるものと考えられた。農業法人と家族経営について別の見方をすれば、農業法人は、日頃からある程度の安全対策に取り組んでいるという自負が農作業事故のリスク意識に影響を与えており、家族経営では十分な安全対策がとれないために危機意識が高い、ということも考えられた。農作業に限らず、作業安全の対策は組織立って行うことで効果が期待されるものが多い。家族経営では、一戸一戸、個別に対応せざるを得ないため、安全対策の効果に限界があることは想像に難くない。家族経営における安全のための取組みをいかに普及

定着できるかが大きな課題となるが、これについては、集落ごとあるいはＪＡの生産部会ごとなどに小集団を形成し、小集団単位で取組むことにより、お互いにフォローし合える仕組みを作るなどの対策が必要と考えられた。

２）安全のための取組みについての課題

安全のための取組みの中で「取り組みたいが不可」とされた項目で比較的目立ったのが、「危険箇所の改善」と「安全講習会への参加」であった。前者については、圃場進入路の勾配や幅の変更、段差の解消、路肩の補強など、個人や一経営体ではコスト的に手が届かないことが多いことが原因と考えられた。農業の高齢化が進んでいる現状を鑑みれば、農作業環境の危険を排除することが急務であり、農作業安全を主目的とした構造改善事業の実施が必要と思われた。また、注意標識やカーブミラーの設置など、かつては国の補助金で農業機械士協議会や自治体が対応していたものが､国から自治体への予算が交付金制度になって以来、使用可能な予算が激減し、活動不全に陥っている状況も大きな問題と思われた。

後者について、講習会の内容のポイントを絞り、栽培技術など他の話題と抱き合わせるなど集客力を高めるための工夫を凝らしている事例もすでに多く見られる。しかし、作目によって農閑期が異なることから、実施回数を増やす必要があるものの、予算の制約上、開催回数には限度があり十分にフォローできないと洩らす自治体も少なくない。したがって、安全講習会は都道府県や市町村以外にも、生産部会、集落単位、農機販売店など様々なレベルで実施されることが望ましいと考えられた。また、講習会という形にこだわらず、少人数での意見交換、情報交換を行う中でアドバイザがヒントを投げかけて参加者の安全意識の向上を促すという取組みを地道に行う方法も有効と考えられる。生産者一人一人の意識を変えてゆくためには、トップダウンや一方通行ではない啓発活動の形を模索し、展開することが必要と考えられた。

本調査の回答者は、農業機械士や関連団体の会員が主であり、経営に対する意識が高い方が多いということが、保険等への加入率などを見ても認められる。その彼らをして「取り組みたいが取り組めない」と意思表示していることは重く受け止めるべきである。

３）農業機械導入時の選定基準と今後望まれる優遇措置について

農業機械導入時の選定基準と今後望まれる優遇措置のいずれにおいても、回答者のヒヤリ経験の有無、雇用の有無、年齢、経営形態の別等の違いによる回答傾向の違いは見られなかった。また、選定基準として「安全性・快適性」を１位、２位とした回答者層と４位以下とした回答者層で優遇措置への要望の度合いを比較したが、各経営形態ともに違いは見られなかった。これらのことから、どの経営形態においても回答者の属性に関係なく、安全性の高い農業機械の普及を図るためには、優遇措置が必要であると考えていることが明らかになった。農業機械の導入時の選定条件において､「価格」が「安全性・快適性」の上位に位置付けられていることも、優遇措置への高い要望の裏付けと考えられた。

４）今後開発が望まれる乗用型農業機械用の機能について

「一人作業時の所在がわかり、万一の時は自動で緊急通報する機能」が、どの経営形態からも高い要望が寄せられた背景には、組織形態の農業法人やコントラクタでさえ一人作業を行う機会があり、これに対する危機意識が高いことが伺われた。コントラクタでは「作業手順や圃場位置をモニターに表示する機能」と「作業軌跡の表示や作業履歴を自動記録する機能」に高い要望が示された。いずれの機能についても、受託作業を行う中での作業精度や作

業効率の向上と、作業履歴の可視化による依頼主との信頼関係向上や経営の効率化が求められていることが背景にあるものと考えられた。また、「作業軌跡の表示や作業履歴の自動記録する機能」については、農業法人の要望も高かったが、近年、各種の履歴の確保が求められるGAP（Good Agricural Practiceの略）に取り組む経営が急激に増加していることも反映しているものと思われた。

アンケートで例示したいずれの機能も全般的に要望が比較的高いこと、乗用型農業機械にGPS やコントローラ等のシステムを搭載する必要があること、各機能単品での製品化・普及は、特に安全機能についてはコストパフォーマンスの点で困難であること等を考慮すると、例示した各機能は、GPS や GIS の情報を利用したシステムの一部として開発するのが望ましいものと考えられた。機能については、ユーザーのニーズに応じて選択可能であれば、コストパフォーマンスの面にも寄与できるものと思われた。このシステムが実用化すれば、作業の効率化とともに安全性の向上も図ることが可能になると期待された。

５．成果の活用面と留意点

今後の安全装備開発及び安全啓発の参考とする。

６．謝辞

農業法人へのアンケート用紙送付にあたっては、社団法人日本農業法人協会のご協力を賜った。また、コントラクタへのアンケート用紙送付にあたっては、社団法人日本草地畜産種子協会のご協力を賜った。さらに、家族経営へのアンケート用紙送付にあたっては、社団法人日本農業機械化協会ならびに全国農業機械士協議会のご協力を賜った。記して感謝の意を表する。

アンケート調査用紙例（農業法人配布用）

問１．あなたの農業経営の作目、部門をお聞かせください。該当するもの**すべてに**○をして下さい。

①水稲　②麦・大豆　③野菜　④果樹　⑤花卉　⑥養鶏　⑦養豚　⑧肉用牛
⑨酪農⑩食品加工　⑪林業　⑫その他（　　　　　　　　　　　　　）

問２．あなたの経営面積はどれくらいですか？

合計＿＿＿＿＿ｈａ（うち、自営地＿＿＿＿＿ｈａ、受託地＿＿＿＿＿ｈａ）

問３．あなたが農業経営を営んでいる主な田畑の地形について、該当するもの**１つに**○をしてください。

① 平坦地　② 一部、傾斜地　③ 傾斜地　④ 一部、棚田・段々畑　⑤ 棚田・段々畑

問４．一番よく使うトラクターについて、「馬力」と「安全キャブ・フレームの有無」をお聞かせください（数字をご記入の上、いずれかに○をしてください）。

トラクター馬力：＿＿＿＿（PS）　　安全キャブ・安全フレーム・なし

問５．オペレータとして従業員（他の業務と兼務でも可）を雇用していますか？雇用している場合は、人数等をご記入ください。

① 雇用している（人数:＿＿人、年齢:＿＿～＿＿歳、そのうち農業経験のある方:＿＿人）
② 雇用していない

問６．差し支えなければ、あなたの性別、年齢をお聞かせください。　性別＿＿＿　＿＿＿歳

問７．以下に示すことがらのうち、**「普段から取り組まれていること」**、**「取り組む予定があること」**、**「取り組みたいができないこと」**、**「取り組む予定がないこと」**に区分して、番号を枠内にご記入ください。

① 作業中にヒヤリとした体験を仲間や家族で話し合っている
② 圃場（進入路を含む）やそこまでの経路、作業場などにある危険箇所を仲間や家族と確認している
③ 圃場（進入路を含む）やそこまでの経路、作業場などにある危険箇所を順次、改善している
④ 安全講習会に参加している
⑤ 健康状態、資格の有無、経験年数の長短、年齢などによって作業者の作業分担を考慮している
⑥ 必要に応じてヘルメットや安全靴などを着用するなど、作業に適した服装を心がけている
⑦ 作業の前後には機械の整備を心がけ、定期点検を行っている
⑧ 機械を購入するときは、型式検査の合格機または安全鑑定の適合機を選ぶようにしている
⑨ 緊急時の連絡先を皆がわかるようにしている
⑩ （労災保険、ＪＡ共済、農業共済）に加入している（ご加入の場合はいずれかに○をしてください）
⑪ その他（＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿）
⑫ 特になし

・取り組んでいること

・取り組みたいができないこと

・取り組む予定があること

・取り組む予定がないこと

問８．農業機械による作業中や移動中、あるいは点検整備中に、危険を感じてヒヤリとしたり、ハッとしたりしたことはありますか？

① ある　　（以下にその代表的な事例２つまでをご記入ください）

・機械名（＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿）
　その内容（＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿）
・機械名（＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿）
　その内容（＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿）

② ない

問９．あなたが今までにお使いの農業機械で、安全性・快適性の面で不満を感じたことがありますか？

① ある　　（以下にその代表的な事例をご記入ください）

機械名（＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿）
不満な点（＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿）

② ない

問 10. あなたがお使いの農業機械で、より使いやすいようにご自分で改造や工夫をしている点があればお聞かせください。

① ある　　（以下にその代表的な事例をご記入ください）

機械名（＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿）
工夫している点（＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿）

② ない

問 11. 農業機械を購入する際、選定にあたって優先する項目を上位から順に番号を５つお選びください。

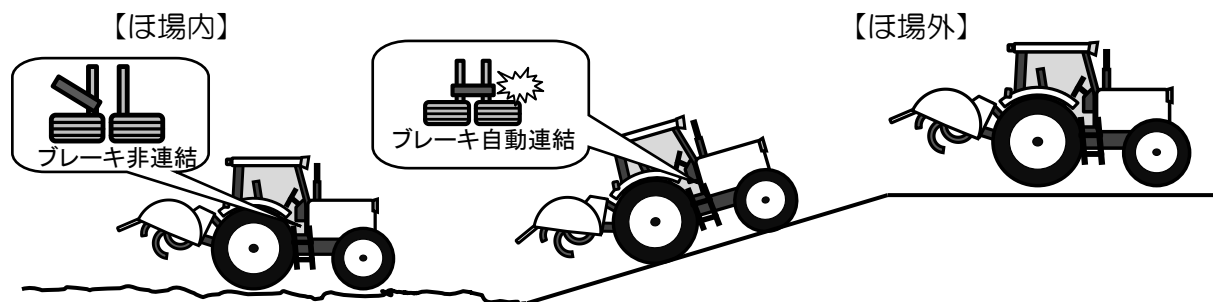
①機能・性能　②安全性・快適性　③耐久性　④価格　⑤操作性　⑥販売店
⑦製造メーカー　⑧その他（＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿）

１位：	２位：	３位：	４位：	５位：

問 12. 型式検査合格機や安全鑑定適合機といった安全性の高い農業機械について、今後、何らかの優遇措置が必要とお考えでしょうか？該当するものすべてに○をしてください。

① ＪＡ共済・農業共済・労災保険の掛け金や補償額に優遇措置を設けるべき
② 既存の補助事業の対象にならない機種について、新たな助成制度を設けるべき
③ 優遇措置は特に必要ない
④ その他（＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿）

問 13. 農業機械の死亡事故で最も多いのは、トラクターの転倒・転落によるものです。原因のひとつとして、左右ブレーキを連結し忘れたまま、ほ場への出入り時や道路走行時に片ブレーキを踏んでしまうことが挙げられています。このような事故は、起きてしまってからでは取り返しがつきません。

そこで、最も頻繁に使うトラクターを購入する時のオプションとして、ほ場からの退去時や道路走行時に、左右ブレーキの連結し忘れを防ぐ機能が付けられるとします。以下の質問にお答えください。

オプションのイメージ：必要時以外は左右ブレーキを自動で連結！

1）これまでに、ブレーキの連結を忘れて危険な目にあったり、ヒヤリとしたことはありますか。

① ある　　② ない

2）妥当な価格であれば、あなたはトラクター購入時にこのオプションを追加したいと思いますか。

① 追加する　　② 必要ない

3）このようなオプションを付けた場合、その価格が、

- いくらぐらいから「高い」と思いますか。　＿＿＿＿万円
- いくらぐらいから「安い」と思いますか。　＿＿＿＿万円
- いくらぐらいから「高すぎて買えない」と思いますか。　＿＿＿＿万円
- いくらぐらいから「安すぎて品質が疑わしい」と思いますか。　＿＿＿＿万円

問 14. 今後、開発して欲しいと思われる機能はありますか？該当するものすべてに○をしてください。

① 一人作業時の所在が家族や仲間にわかり、万一の時には自動で緊急通報してくれる機能
② 作業に不慣れなオペレータでもわかるよう、必要に応じて作業方法・手順や作業すべき圃場の位置をモニターに表示して教えてくれる機能
③ 事前にコンピュータの地図情報に登録した危険箇所に近づくと、モニターに表示して警告を発してくれる機能
④ 作業軌跡や収量等の情報をモニターに表示し、作業日時や場所などの履歴を自動記録してくれる機能
⑤ 脱輪の恐れがある溝などを事前に検知して警告してくれる機能
⑥ 特になし
⑦ その他（＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿）

問 15. あなたが経営を続けて行く上で影響を与えるリスクについてお聞きします。次頁の出来事が発生した場合、あなたの経営はどの程度の影響を受けると思いますか？下表を参考にして一番近いと思うもの１つに○をしてください。

影響度	説　　明
大きい	経営破たん・廃業が懸念される程大きな影響がある
やや大きい	「大きい」と「中」の間
中	経営破たん・廃業にはならないが、経営継続に一定の影響がある
やや小さい	「小さい」と「中」の間
小さい	多少影響があるが、経営継続にはほとんど問題がない

- 農産物の販売価格の変動・低下
  ①大きい　②やや大きい　③中　④やや小さい　⑤小さい
- 消費者の嗜好変化・需要の減少、販路の減少や販売量の減少
  ①大きい　②やや大きい　③中　④やや小さい　⑤小さい
- 肥料・農薬・飼料・燃料・電気など価格変動や高騰、借地地代や労賃などの経費変動・高騰
  ①大きい　②やや大きい　③中　④やや小さい　⑤小さい
- 悪天候や病害虫・家畜疾病発生などによる収量・生産量変動・減少、品質の変動・低下
  ①大きい　②やや大きい　③中　④やや小さい　⑤小さい
- 悪天候や機械故障による作業の遅れ、作業効率の低下、作業時間の増加
  ①大きい　②やや大きい　③中　④やや小さい　⑤小さい
- 技術革新による導入済み技術・機械・施設の陳腐化、新技術への対応困難
  ①大きい　②やや大きい　③中　④やや小さい　⑤小さい
- 資金繰り悪化、利子負担増、借入困難
  ①大きい　②やや大きい　③中　④やや小さい　⑤小さい
- 経営主、家族、雇用者の農作業事故（ケガ、死亡）
  ①大きい　②やや大きい　③中　④やや小さい　⑤小さい
- 経営主・家族・雇用者の病気、体力低下、病気、高齢化
  ①大きい　②やや大きい　③中　④やや小さい　⑤小さい
- 後継者や家族の未就農・離農、主な雇用者の退職
  ①大きい　②やや大きい　③中　④やや小さい　⑤小さい
- 自然災害による施設・機械・農地・家屋の損壊
  ①大きい　②やや大きい　③中　④やや小さい　⑤小さい
- 火事・盗難など人災による施設・機械・農地・家屋の損壊
  ①大きい　②やや大きい　③中　④やや小さい　⑤小さい
- 政策変更（補助金の廃止など）・規制強化（農薬、廃棄物処理など）
  ①大きい　②やや大きい　③中　④やや小さい　⑤小さい
- 取引先などとの訴訟、契約不履行、風評被害
  ①大きい　②やや大きい　③中　④やや小さい　⑤小さい

お願い

生研センターでは、安全性・快適性向上のための開発研究、ならびに農業機械の型式検査や安全鑑定の実施機関として、農業機械の安全性に関する詳細な情報を必要としております。農作業や農業機械の安全についてより詳しいお話を伺える場合は、ご連絡先をお教えくださいますようお願い申し上げます。

ご住所：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

ご氏名：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿お電話：＿＿＿＿＿＿＿＿

以上で終わりです。お忙しいところ、ご協力ありがとうございました。
なお、このアンケート用紙は**６月３０日まで**にご返送下さいますようお願い申し上げます。

４．農業機械のリスク低減のための基礎研究

特別研究チーム（安全）
積　栄、志藤博克、岡田俊輔、
冨田宗樹、塚本茂善

［摘要］農作業事故対策として、農業機械の更なるリスク低減が必要とされる。このため、具体的なリスク低減の実現に向けた機械及び要素技術の開発につなげることを目的に、機械安全に関する国際規格を踏まえて、安全性能向上の可能性及び必要性を検討する基礎研究を行うこととし、農業機械における安全設計の現状や、他業種における機械安全技術について調査するとともに、農業現場での安全性能に対するコスト意識や、農業機械の危険使用事例の把握を行った。その結果、本質的安全設計に対応していない構造例やユーザの不満、他業種の機械との差異、ユーザの安全装置へのコスト意識、予測し得る危険使用事例等、農業機械のリスク低減方策の検討のための資料が得られた。

１．目　的

農作業事故対策として、農業機械の更なるリスク低減が必要とされる。機械安全に関する国際規格では、安全はリスクを許容可能なレベルまで低減させることにより達成されるものとしており（ISO/IEC Guide 51)、またリスク低減方策においては、①本質的安全設計、②安全防護策、③付加保護方策、④使用上の情報の優先順位が定められている（ISO 12100)。このため、より上位での安全対策等による安全性能向上の可能性及び必要性を検討する基礎研究を行い、具体的なリスク低減の実現に向けた機械及び要素技術の開発につなげる。

平成 22 年度は、農業機械における安全設計の現状や、他業種における機械安全技術について調査するとともに、農業現場での安全性能に対するコスト意識や、農業機械の危険使用事例の把握を行う。

２．方　法

１）ISO 12100 では、機械のリスクについて、①本質的安全設計、②安全防護策、③付加保護方策、④使用上の情報の順にリスク低減対策を行い、最終的な残留リスクを適切なレベルまで下げることとしている。このため、ISO12100 に規定されるリスク低減のための各要件に照らして、現状の農業機械で対応していない構造や機能があると判断される項目を、実機及び取扱説明書等で調査し、整理した。

２）産業用機械や土工機械等、他業種における機械安全に関する基準や対応状況等の調査を行い、農業機械の現状と比較した。

３）安全機能に対する要求度合とコスト意識を把握するため、農業者の農業法人 1750 件、個人農家 1240 件、コントラクタ 383 件を対象に、アンケート調査を行った。具体的には、乗用トラクタの転倒転落の死亡事故比率が最も大きいことから、これを防止する安全機能として、ほ場からの退去時や道路走行時に、左右ブレーキの連結し忘れを防ぐ新たな機能が、購入時にオプション装着できることになったと仮定し、調査を行った。

新機能に対する値頃感については、PSM（Price Sensitivity Measurement、価格感度分析）により調査、分析を行った。具体的には、ブレーキ連結忘れの危険性と、これを防ぐ当該機能の概要を説明した上で、以下の４つの設問についてそれぞれ金額の記入を求め、金額毎の各回答の占める割合のグラフから、理想価格と上限価格を求めた。

【設問】このようなオプションを付けた場合、その価格が、

・いくらぐらいから「高い」と思いますか。
・いくらぐらいから「安い」と思いますか。
・いくらぐらいから「高すぎて買えない」と思いますか。
・いくらぐらいから「安すぎて品質が疑わしい」と思いますか。

また同時に、ブレーキ連結忘れによるヒヤリ体験の有無と、妥当価格であった場合の当該機能のオプション装着の希望の有無についても回答を求め、コスト意識との関係を調査した。

4）農業機械の安全性及び快適性に関するユーザの不満について、アンケート調査を行った。不満があると答えた回答者には、機械名と、具体的な不満点の記載を求め、その内容から傾向の分類を行った。調査対象は３）と同じとした。

5）国際規格で設計時にリスクとして低減すべきとされる「予測可能な誤使用」の事例を把握するため、①安全上問題があるものの作業遂行上やむを得ず行ってしまう危険行動、②４）で得られたユーザの機械に対する不満から想定される誤使用、の２点について、アンケート及び現地調査により事例を把握した。①については、アンケートでは、農業機械をより使いやすいように改造、工夫している点があれば、その機械名と内容の記載を求め、それが危険行動に結びついていないかを検討した。アンケート調査対象は３）と同じとした。

３．結果の概要

1）ISO 12100 の各要件と農業機械の現状との比較

乗用トラクタ、自脱コンバインを中心に調査を行った結果、リスク低減のための①～④の要件で対応していない構造等があると判断されたものを表１に示した。特に本質的安全設計において、多くの該当項目が確認された。

表１のうち、「NO 接点の安全スイッチ」については、例として自脱コンバインの手こぎ部に採用されている緊急停止ボタンが挙げられる。NO（Normal Open）接点のスイッチでは、通常は回路が開いた状態で、危険発生時にボタン操作で回路が閉じ、エンジン停止となる。このため、回路が断線していたりカプラを外したままになっていたりした場合、通常の回路が開いた状態が恒常化することになるため、危険発生時に緊急停止ボタンを操作してもエンジンは停止できず、また、このような故障状態にあってもエンジン始動が可能ということになってしまう。一方、この回路を NC（Normal Close）接点のスイッチを用いた設計にしていれば、断線等の故障状態では通常閉じているはずの回路が開いたままになるため、そもそもエンジンをかけることはできず、また、使用中に断線等が発生すれば、緊急停止ボタン操作と同様の状態となり、エンジンは停止する。後者のように、故障等による不具合発生をあらかじめ想定し、常に安全側（この場合は機械停止）に制御する設計（フェイルセーフ）は、本質的安全設計を実現する考え方のひとつであるが、当該スイッチからもわかるように、農業機械においては、これに該当しない設計が多く見られるのが現状であった。また、これに加えて、スイッチ構造が自己保持型でない等、非常停止に関する関連規格に該当しない点が多く、今後の対策が不可欠と考えられた。

表１　ISO 12100の各保護方策に対する農業機械での未対応項目

ISO 12100における保護方策	未対応の構造等が認められる主な要件	具体例
本質的安全設計	適切な作業位置への接近性を達成する機械形状	コンバインの手こぎ作業位置
	騒音・振動からの防護	多くの機械において騒音、振動が大きい
	ポジティブな機械的作用の原理の適用	NO接点の安全スイッチが多い（故障時に危険側）
	種々の場所の特性や機械の運動による動的な力を考慮した安定性	多くの機械で転倒事故が多い
	意図する使用者の人体寸法、力、姿勢、動作範囲や頻度の考慮	女性・高齢者への対応が不十分
	手動制御器の操作により追加的リスクを生じない	レバー等の間隔（欧州指令には規定あり）
	パイプおよびホースの外的影響からの保護	カバーされていないパイプ、ホース
	安全な設計パラメータ（速度等）に制限するシステム設計	コンバインの手こぎ作業時の搬送速度
	負荷を持ち上げる機械類の運動範囲を制限内に維持	フロントローダ等運搬作業時の速度/範囲制限がない
	動力源の起動により作動部分が起動してはならない	一部トラクタの３点リンク
	主ブレーキシステム故障時の他の減速・停止手段	一部は駐車ブレーキが別系統でない
	オペレータが制御位置にいることを確実にするための方策	シートスイッチは一部輸入機や乗用モア等のみ
	設定、保全等の際に他の制御モードを不作動/低リスクにするかイネーブル装置等を用いる	カバー開時もエンジン始動できてしまう
	機械の全ての部品の信頼性	信頼性不足による不具合や危険の発生
	非対称故障モード（フェールセーフ）構成品の使用	NO接点の安全スイッチが多い（故障時に危険側）
安全防護	機械類の転倒または転落による危険源に対する保護	乗用トラクタ（ROPS）と一部傾斜警告装置のみ
	機械が指定された制限内に留まるようにする（運動パラメータの制限等）装置	ブレーキ非連結での走行、カバー開時の始動が可能
	可動式ガードはインターロック付き（危険源に届くときは起動せず、起動後は届かない）	ほとんどのガード、カバーが対応していない
付加保護	非常停止装置作動後は、これをリセットするまで停止指令の効果を持続	ほとんどの非常停止ボタンが対応しない
	作業が地上レベルで行えない場合、安全に接近可能なプラットフォームや階段等	一部は給油、清掃時に十分なステップ等がない
使用上の情報	警報装置の定期点検について記述	ほとんどが対応していない
	頻繁な視覚／聴覚信号の発報による感覚飽和のリスクに対する注意	片ブレーキ表示灯は作業中ついたまま
	直ちに理解できる標識（絵文字）は警告文に優先して使用	国内規格では文章が必須、絵文字は任意
	取扱説明書に機械の重心位置を記載	ほとんどが対応していない

２）他業種における機械安全の状況

産業用機械における安全技術は、機械安全に関する国際規格とともに進んできており、対応装置、部品も供給されていることから、一部は農業機械への応用も可能と考えられた。例としては、ISO 13850 や IEC 60947-5-5 といった個別の国際規格に対応した非常停止スイッチや、作業状態である中間位置からさらに押し込んでも離しても停止する３ポジションのイネーブルスイッチ（米国ロボット規格におけるティーチング操作装置の要求事項に採用）、ある一定の条件が整わないと他の動作ができなくなるインタロック等が挙げられた。

土工機械の国内規格では、特にステップ構造、手すり、操作装置の配置と操作力について、農業機械の安全鑑定基準等よりも詳細に規定していた。特に操作力については、レバーの操作方向（前後と左右）やペダルの操作方法（足操作とつま先操作）でそれぞれ基準値が設定されていたほか、操作頻度も考慮されていた。

また、他業種では、可動部の防護に関する安全距離の基準として、ISO 13857:2008 が採用されている。これに対して、農業機械の安全鑑定基準では、それ以前の ISO 4254-1:1989 を用いている。前者では、一部の到達位置について、基準値として危険源に高いリスクが見込まれる場合と低いリスクの場合の２種類が規定され、リスクアセスメントの結果に基づいて適切な方を選択することとなっている。一方、農業機械の安全鑑定においては、機種・部位別にリスクアセスメントを実施することが現状では難しいこともあり、旧規格が引き続き採用されているが、他業種ではすでに前者が普及してきており、今後は農業機械の基準においても検討が必要と考えられた。

３）乗用トラクタ左右ブレーキ自動連結機構に対するユーザの要求度合とコスト意識

アンケート回収数は、農業法人 313 件（回収率 17.9%）、個人農家 274 件（同 22.1%）、コントラクタ 63 件（同 16.4%）であった。このうち、各設問の間で整合性のある金額を記入した有効回答数は、農業法人 68 件、個人農家 81 件であった。コントラクタからは十分な有効回答数が得られなかった。

図１に、PSM の結果を示した。当該機構の理想価格は４万円台後半、上限価格は５万円台前半であった。ブレーキ連結忘れによるヒヤリハットについては、有効回答 580 件中 28%が経験ありと回答したが、経験の有無による理想価格、上限価格の差はなかった。一方、妥当価格だった場合のオプション追加については、有効回答 543 件中 60%が希望すると回答し、ヒヤリハット経験ありに限ると 74%に上昇した。このことから、ヒヤリハット経験によって対策への問題意識は高くなるものの、コスト的な意識の変化までには至っていない傾向が認められた。経営形態、使用トラクタの呼称出力、ROPS の有無による値頃感の差は見られなかった。

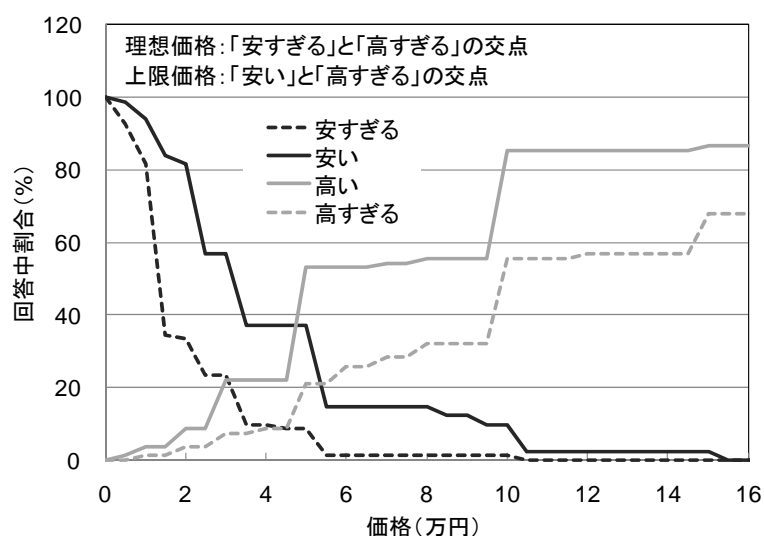



図１　乗用トラクタの左右ブレーキ非連結防止装置における PSM による分析結果（個人農家）

4）農業機械の安全性及び快適性に関するユーザの不満

調査結果を図２、表２に示した。安全性及び快適性については、有効回答544件中28%が具体的に不満を回答した。

内訳としては、快適性（居住性、振動、騒音、粉塵等）関連24%、安定性（機械の転倒・転落）関連14%、走行時（制動性能、灯火類、法対応等）関連10%、視認性関連8%、安全装備の不足・不備関連8%等であった。機種別に見ると、乗用トラクタが全体の50%を占め、快適性、走行時、操作性関連が平均より多かった。自脱コンバインでは、快適性とともに安全装備の不足・不備、視界関連が多くを占めた。田植機では安定性関連が38%を占めた。この３機種で全体の約3/4を占めた。

これらの不満に対応するためには、付加保護方策や使用上の情報の提供では不十分であり、表１に示したISO 12100における要件を見てもわかるように、本質的安全設計の思想を前提とした対策が求められていることが確認された。

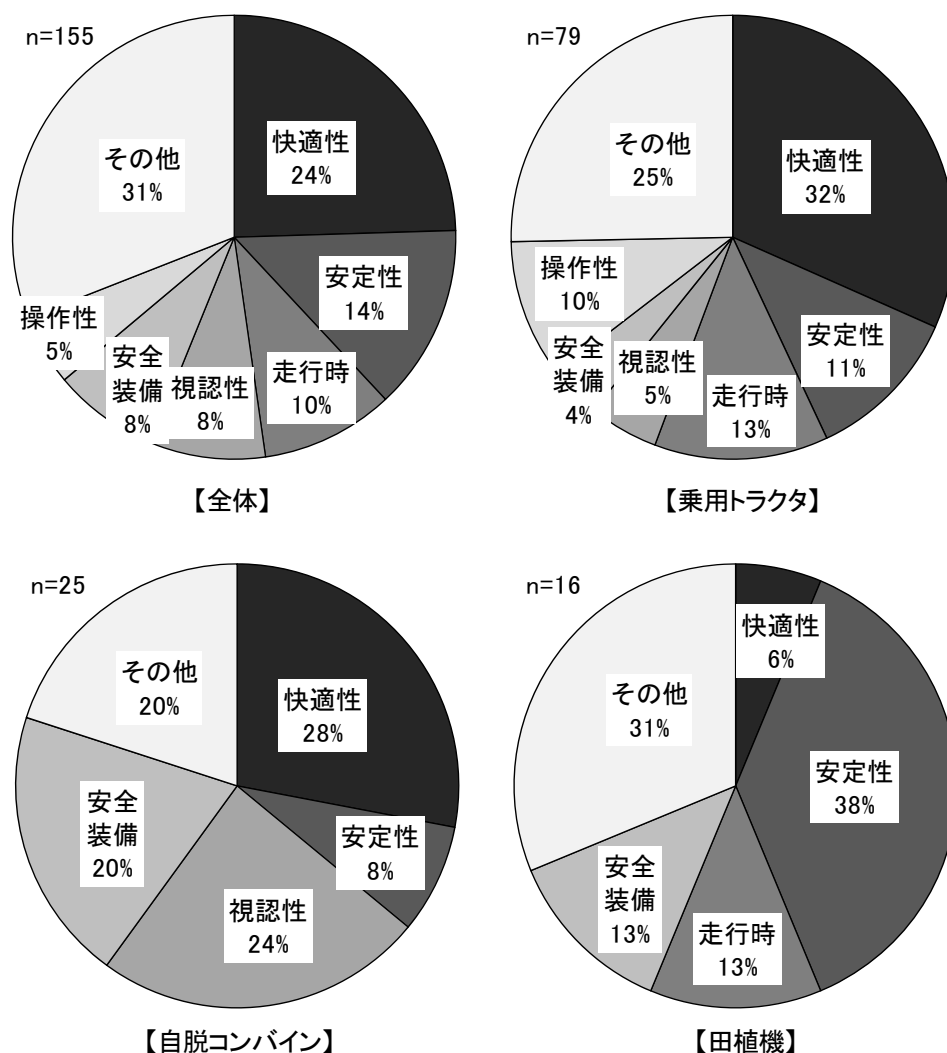



図２　農業機械の安全性及び快適性に関するユーザの不満の内訳

表２　農業機械の安全性及び快適性に関する不満の事例

機種	項目	具体的内容
乗用トラクタ	快適性	一日中作業していると振動がきつく、疲れがたまる
		騒音がひどいのでもう少し音を低くしてほしい
	操作性	ウインカやハザードなどが自動車と同じにならないか
		メーカにより計器類の操作、ボタンの位置、操作方法が違う
	走行時	作業機装着時の道路走行が法的に認められず、安全でない
		けん引時、ブレーキが後輪のみである
自脱コンバイン	快適性	キャビン仕様でないので暑く、埃が舞う
		小形のものは運転席が狭い
	安全装備	手こぎ作業をもっと安全に快適にできないか
		掻き込みペダルを踏むと制動機能を全く失う
	視認性	後ろが全く見えない
田植機	安定性	軸距が小さいので畦越え時に転倒しやすい
	安全装備	安全フレームがない
刈払機	快適性	身長170cmだと腰をかがめて作業しなければならない
		まだまだ重い

5）予測可能な誤使用事例の把握

安全上問題があるものの作業遂行上やむを得ず行ってしまう危険行動（誤使用）として、調査の結果得られた事例を図３に示した。これらの事例からは、その誤使用に至る理由として、①整備性向上（カバー撤去、ステップ取付）、②作業性向上（停止装置撤去、荷台増設、過小な輪距、補助者同乗）、③視認性向上（座席高さ変更、カバー撤去）等を意図したものが確認され、これらの要望を生じさせない本質的な安全設計の必要性が認められた。

また、４）で得られたユーザの機械に対する不満から想定される誤使用について整理した結果を図４に示した。これらの事例は、主に省略行動による危険と、とっさの行動時の危険に分類され、このことからも、省略行動による誤使用が生じにくく、かつ誤使用時に危険側にならないように、本質的な安全設計が重要であることが示された。

整備性向上

・チェーンがよく外れるのでカバーを外して作業する（にんじん収穫機）

・機械の上にあがるためにステップを増設（ロールベーラ）

視認性向上

・シートを高くして周囲を見やすくした（乗用トラクタ）

・余分なカバーを外して視界を良くしている（ロールベーラ）

作業性向上

・作業中の乗降が多いので安全バーを無効化（スキッドステアローダ）

・前部ウェイト上に荷台を設置した（乗用トラクタ）

・苗供給者が同乗する（田植機）

・輪距を小さく改造した（高所作業機）

・草が詰まるので飛散物防護カバーを撤去した（刈払機）

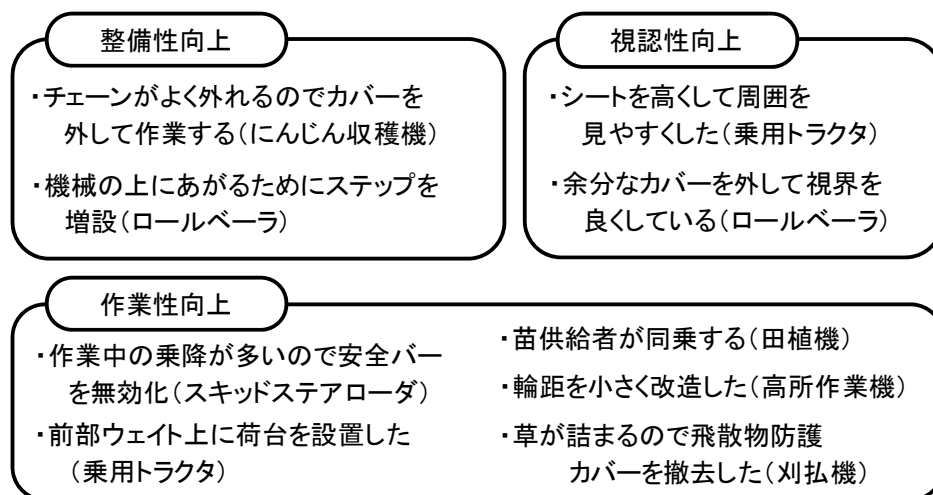



図３　作業遂行上止むを得ずユーザが行う誤使用事例

省略行動

・カバーが多すぎる（コンバイン等）
⇒カバー撤去
⇒点検整備を行わない

・詰まりが多い（コンバイン、刈払機）
⇒カバー撤去
⇒エンジンを切らずにつまり除去

・ウェイト着脱が面倒（乗用トラクタ）
⇒必要時にも付けない

・左右ブレーキ連結が面倒（乗用トラクタ）
⇒必要時に非連結の危険

・点検整備がやりにくい（乗用トラクタ等）
⇒点検整備を行わない

とっさの行動

・乗降時にレバーに引っかかる（乗用トラクタ）
⇒乗降時のケガ

・レバーの色分けがない（乗用トラクタ）
⇒とっさのレバー選択を誤る

・掻き込みペダルを踏んだら制動機能がなくなる（コンバイン）
⇒とっさの行動が危険側に

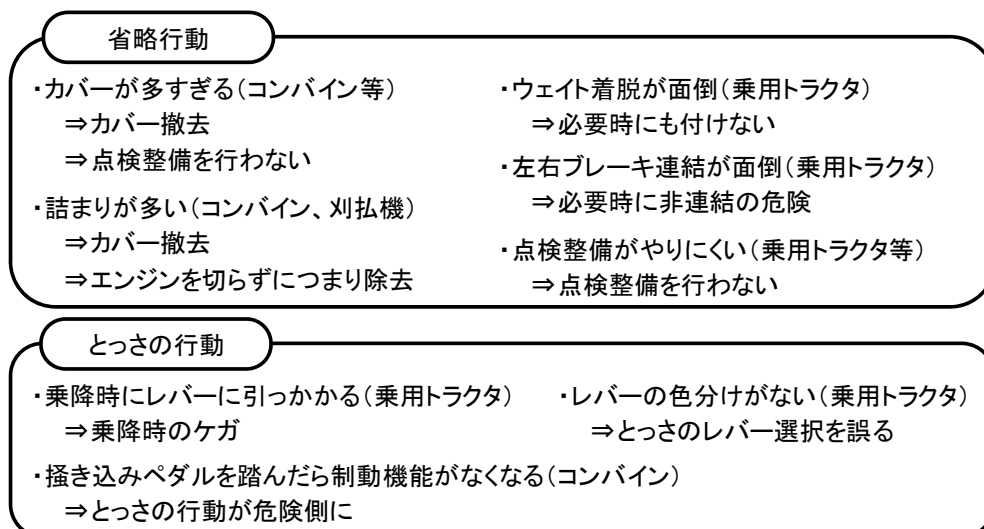



図４　農業機械に対するユーザの不満から想定される誤使用事例

４．今後の問題点と次年度以降の計画

引き続き農業機械の安全性能に対する農業者の不満や想定し得る誤使用、不適切使用に関する調査及び検証を行うとともに、これまでの結果を踏まえて主要機械のリスク低減に向けた改良要件を整理する。

また、リスク低減方策の検討にあたっては、事故原因の発生比率を把握するための事故分析も重要となるが、現状ではその基となる詳細な事故データが得られないことから、2011年度より、新規課題「乗用トラクタおよび刈払機事故の詳細調査・分析手法の研究」で対応する。

さらに、自脱コンバインの手こぎ部に採用されている緊急停止ボタンのNC化、および関連規格への整合化については、同じく2011年度からの各メーカとの共同研究課題「自脱コンバインの手こぎ部の緊急即時停止装置の開発」で対応する。

５．謝　辞

農業法人、個人農家、コントラクタへのアンケート用紙送付にあたっては、(社)日本農業法人協会、(社)日本農業機械化協会、全国農業機械士協議会、(社)日本草地畜産種子協会からそれぞれご協力をいただいた。研究を進めるにあたっては、(独)労働安全衛生総合研究所、IDEC(株)、テュフラインランドジャパン(株)からご指導や資料、情報のご提供をいただいた。現地調査では、徳島県の福井弘之氏、喜田直康氏ほか皆様から多大なご協力をいただいた。ご指導、ご協力いただいた皆様に記して感謝の意を表する。

アンケート調査票の作成にあたっては、元基礎技術研究部（現園芸工学研究部）の大西正洋氏からご助言や資料のご提供をいただいた。また、研究全般にわたり、特別研究チーム（安全）の皆様に多くのお力添えをいただいた。

６．引用・参考文献

１）ISO／IEC Guide 51:1999、Safety aspects - Guidelines for their inclusion in standards

２）ISO 12100:2010、Safety of machinery - General principles for design - Risk assessment and risk reduction

３）堀田ら、Q&Aでわかるリスクベース設計のポイント、日刊工業新聞社、2006
４）ISO 13850:1996、Safety of machinery - Emergency stop - Principles for design
５）IEC 60947-5-5:2005、Low-voltage switchgear and controlgear - Part 5-5: Control circuit devices and switching elements - Electrical emergency stop device with mechanical latching function
６）岡田ら、自脱型コンバイン緊急停止装置の性能向上技術の開発、生研センター試験研究成績22-1　農業機械の安全性に関する研究（第30報）、29-47、生研センター、2010
７）IDEC（株）、安全コンセプトブック（2008.11版）、2008
８）オムロン（株）、セーフティコンポテクニカルガイド、2008
９）JIS A 8919:2007、土工機械－操縦装置
10）ISO 13857:2008、Safety of machinery - Safety distances to prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs
11）齋藤剛、ISO13857の概要と日本人への適用の妥当性、安全工学、Vol.48, No.6、385-390、安全工学会、2009
12）生研センター、平成22年度安全装備の確認項目と安全鑑定基準及び解説、2010
13）加藤文昭、PSM（価格感度分析）、最新マーケティングリサーチ・テクノロジー全集、171-173、（株）日本能率協会総合研究所、2007